

03500.016068

PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:)
KENICHI KATAOKA, ET AL.) : Examiner: Unassigned
Application No.: 10/022,520) : Group Art Unit: 2834
Filed: December 20, 2001) :
For: CONTROL APPARATUS FOR)
VIBRATION WAVE ACTUATOR : March 20, 2002

Commissioner For Patents
Washington, D.C. 20231

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

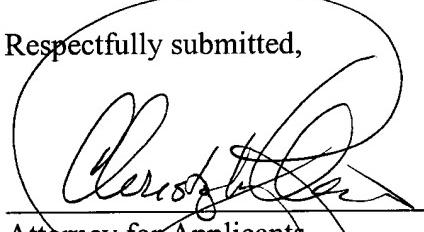
Sir:

In support of Applicants claim for priority under 35 U.S.C. § 119, enclosed
is a certified copy of the following foreign application:

2000-403223, filed December 28, 2000.

Applicants' undersigned attorney may be reached in our Washington, D.C. office by telephone at (202) 530-1010. All correspondence should be directed to our below listed address.

Respectfully submitted,



Attorney for Applicants

Registration No. 32,078

FITZPATRICK, CELLA, HARPER & SCINTO
30 Rockefeller Plaza
New York, New York 10112-3801
Facsimile: (212) 218-2200
CPW\gmc
DC_MAIN 91251v1

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

50/16068 US / hata
Appn. No. 10/022,520
Filed - 12/20/00
Group -

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office

出願年月
Date of Application MAR 20 2002
2000年12月28日

出願番号
Application Number: 特願2000-403223

[ST.10/C]: [JP2000-403223]

出願人
Applicant(s): キヤノン株式会社

2002年 1月25日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2002-3001039

【書類名】 特許願

【整理番号】 4198029

【提出日】 平成12年12月28日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H02N 2/00

【発明の名称】 振動型アクチュエータの制御装置

【請求項の数】 21

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社
社内

【氏名】 片岡 健一

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社
社内

【氏名】 山本 新治

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社
社内

【氏名】 林 祐

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社
社内

【氏名】 熱田 晓生

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社
社内

【氏名】 伊藤 潤

【特許出願人】

【識別番号】 000001007

【氏名又は名称】 キヤノン株式会社

【代理人】

【識別番号】 100067541

【弁理士】

【氏名又は名称】 岸田正行

【選任した代理人】

【識別番号】 100108361

【弁理士】

【氏名又は名称】 小花弘路

【選任した代理人】

【識別番号】 100104628

【弁理士】

【氏名又は名称】 水本敦也

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 044716

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 振動型アクチュエータの制御装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 振動型アクチュエータにおける振動体の電気一機械エネルギー変換素子に周波信号を印加することで該振動体に駆動振動を形成する駆動部と、前記振動体の駆動状態を検出する駆動状態検出部と、前記駆動状態検出部の検出情報に基づいて前記駆動部を制御する制御部とを有する振動型アクチュエータの制御装置において、

前記駆動状態検出部は、前記振動体の駆動状態を検出して波形信号として出力する状態検出手段と、前記状態検出手段の出力波形信号を1又は複数の閾値と比較してパルス信号を出力する比較手段と、前記比較手段から出力される1又は複数のパルス信号のパルス幅を検出するパルス幅検出手段とを有し、前記パルス幅検出手段で検出した1又は複数のパルス幅に応じて前記駆動状態を数値として求めるることを特徴とする振動型アクチュエータの制御装置。

【請求項2】 振動型アクチュエータにおける振動体の電気一機械エネルギー変換素子に周波信号を印加することで該振動体に駆動振動を形成する駆動部と、前記振動体の駆動状態を検出する駆動状態検出部と、前記駆動状態検出部の検出情報に基づいて前記駆動部を制御する制御部とを有する振動型アクチュエータの制御装置において、

前記駆動状態検出部は、前記振動体の駆動状態を検出して波形信号として出力する状態検出手段と、前記状態検出手段の出力波形信号を1又は複数の係数で乗算する乗算手段と、前記乗算手段で乗算した1又は複数の乗算信号を1又は複数の閾値と比較してパルス信号を出力する比較手段と、前記比較手段から出力される1又は複数のパルス信号のパルス幅を検出するパルス幅検出手段とを有し、前記パルス幅検出手段で検出した1又は複数のパルス幅に応じて前記駆動状態を数値として求めるることを特徴とする振動型アクチュエータの制御装置。

【請求項3】 前記状態検出手段は、前記振動体の駆動状態を振動振幅として求めることを特徴とする請求項1または2に記載の振動型アクチュエータの制御装置。

【請求項4】 前記状態検出手段は、前記振動体の駆動状態を前記電気一機械エネルギー変換素子に流入する流入電流として求めることを特徴とする請求項1または2に記載の振動型アクチュエータの制御装置。

【請求項5】 振動型アクチュエータにおける振動体の電気一機械エネルギー変換素子に周波信号をコイル、トランス又は増幅器等の電圧変換手段を介して印加することで該振動体に駆動振動を形成する駆動部と、前記振動体の電気一機械エネルギー変換素子に印加される電圧を駆動状態として用いる駆動状態検出部と、前記駆動状態検出部の検出情報に基づいて前記駆動部を制御する制御部とを有する振動型アクチュエータの制御装置において、

前記駆動状態検出部は、前記印加電圧を1又は複数の閾値と比較してパルス信号を出力する比較手段と、前記比較手段から出力される1又は複数のパルス信号のパルス幅を検出するパルス幅検出手段とを有し、前記パルス幅検出手段で検出した1又は複数のパルス幅に応じて前記印加電圧を求めることが特徴とする振動型アクチュエータの制御装置。

【請求項6】 振動型アクチュエータにおける振動体の電気一機械エネルギー変換素子に周波信号をコイル、トランス又は増幅器等の電圧変換手段を介して印加することで該振動体に駆動振動を形成する駆動部と、前記振動体の電気一機械エネルギー変換素子に印加される電圧を駆動状態として用いる駆動状態検出部と、前記駆動状態検出部の検出情報に基づいて前記駆動部を制御する制御部とを有する振動型アクチュエータの制御装置において、

前記駆動状態検出部は、前記印加電圧を1又は複数の係数で乗算する乗算手段と、前記乗算手段で乗算した1又は複数の乗算信号を1又は複数の閾値と比較してパルス信号を出力する比較手段と、前記比較手段から出力される1又は複数のパルス信号のパルス幅を検出するパルス幅検出手段とを有し、前記パルス幅検出手段で検出した1又は複数のパルス幅に応じて前記印加電圧を求めることが特徴とする振動型アクチュエータの制御装置。

【請求項7】 前記比較手段に入力される閾値は0でないことを特徴とする請求項1ないし6のいずれかに記載の振動型アクチュエータの制御装置。

【請求項8】 前記駆動状態検出部は、前記振動振幅の平均値、実効値又は

波高値を求めるなどを特徴とする請求項3に記載の振動型アクチュエータの制御装置。

【請求項9】 前記駆動状態検出部は、前記流入電流の平均値、実効値又は波高値を求めるなどを特徴とする請求項4に記載の振動型アクチュエータの制御装置。

【請求項10】 前記駆動状態検出部は、前記印加電圧の平均値、実効値又は波高値を求めるなどを特徴とする請求項5または6に記載の振動型アクチュエータの制御装置。

【請求項11】 前記駆動状態検出部で求める前記平均値は、前記1又は複数のパルス幅検出手段の出力から選択される1又は複数のパルス幅と、前記パルス幅信号毎に決められた係数を掛けたものの和であることを特徴とする請求項8、9または10に記載の振動型アクチュエータの制御装置。

【請求項12】 前記駆動状態検出部で求める前記平均値は、前記1又は複数のパルス幅検出手段の出力から選択される一つ又は複数のパルス幅の差に応じて計算されることを特徴とする請求項8、9または10に記載の振動型アクチュエータの制御装置。

【請求項13】 前記駆動状態検出部は、平均値に補正項を加算することを特徴とする請求項11または12に記載の振動型アクチュエータの制御装置。

【請求項14】 前記駆動状態検出部は、前記波高値を前記1又は複数のパルス幅検出手段の出力の内、0でない一番小さなパルス幅を出力したパルス幅検出手段に対応する値としたことを特徴とする請求項8、9または10に記載の振動型アクチュエータの制御装置。

【請求項15】 前記駆動状態検出部は、前記波高値を前記1又は複数のパルス幅検出手段の出力の内、0でない2つのパルス幅の差と該パルス幅を出力した2つのパルス幅検出手段に対応する値から算出することを特徴とする請求項8、9または10に記載の振動型アクチュエータの制御装置。

【請求項16】 振動型アクチュエータにおける振動体の電気-機械エネルギー変換素子に周波信号をコイル、トランス又は増幅器等の電圧変換手段を介して印加することで該振動体に駆動振動を形成する駆動部と、前記振動体の駆動状

態を検出する駆動状態検出部と、前記駆動状態検出部の検出情報に基づいて前記駆動部を制御する制御部とを有する振動型アクチュエータの制御装置において、

前記駆動状態検出部は、前記振動体の振動振幅又は前記電気一機械エネルギー変換素子への流入電流を検出して波形信号として出力する状態検出手段と、前記状態検出手段の出力波形信号を1又は複数の閾値と比較して第1のパルス信号を出力する第1の比較手段と、前記第1のパルス信号のパルス幅を検出する第1のパルス幅検出手段と、前記印加電圧を1又は複数の閾値と比較して第2のパルス信号を出力する第2の比較手段と、前記第2のパルス信号のパルス幅を検出する第2のパルス幅検出手段と、前記第1のパルス信号と前記第2のパルス信号との位相差を検出する位相差検出手段とを有し、前記第1のパルス幅検出手段の出力が所定の値よりも小さい場合に前記位相差検出手段の位相差検出を行わないか又は所定の値を出力することを特徴とする振動型アクチュエータの制御装置。

【請求項17】 前記位相差検出手段は、前記第1のパルス信号と前記第2のパルス信号の信号エッジのズレ量を検出するカウンタと、前記カウンタの検出した時間と上記振動型アクチュエータに印加する駆動電圧の周波数の周期に比例する時間を差し引いた値であることを特徴とする請求項16に記載の振動型アクチュエータの制御装置。

【請求項18】 前記制御部は、前記駆動状態検出部で求めた数値に基づいて、前記周波信号の周波数、電圧、位相差を実質的に決定することを特徴とする請求項1ないし17のいずれかに記載の振動型アクチュエータの制御装置。

【請求項19】 前記振動型アクチュエータの速度、位置、力、加速度又は前記振動体の共振状態のいずれかの情報を検出する第1の駆動状態検出部と、該第1の駆動状態検出部の出力信号を所望の値と比較する第1の比較手段と、該比較手段の出力信号を演算処理する補償回路又は変換手段と、前記振動体の振動振幅又は前記電気一機械エネルギー変換素子への流入電流を検出する第2の駆動状態検出部と、該駆動状態検出部で求めた値と該補償回路の出力信号を比較する第2の比較手段とを有し、前記制御部は、該第2の比較手段の出力に基づいて、前記1又は複数の周波信号の周波数、電圧、位相差を実質的に決定することを特徴とする請求項1または2に記載の振動型アクチュエータの制御装置。

【請求項20】 前記振動型アクチュエータの速度、位置、力、加速度又は前記振動体の共振状態のいずれかの情報を検出する第1の駆動状態検出部と、該第1の駆動状態検出部の出力信号を所望の値と比較する第1の比較手段と、該比較手段の出力信号を演算処理する補償回路又は変換手段と、前記振動体の振動振幅又は前記電気-機械エネルギー変換素子への流入電流を検出する第2の駆動状態検出部と、該駆動状態検出部で求めた値と該補償回路の出力信号を比較する第2の比較手段とを有し、前記制御部は、該第2の比較手段の出力が0に近づくように、前記変換手段の出力に応じて、前記1又は複数の周波信号の周波数、電圧、位相差を実質的に決定することを特徴とする請求項1または2に記載の振動型アクチュエータの制御装置。

【請求項21】 前記駆動部は、前記電気-機械エネルギー変換素子に1又は複数の周波信号をコイル、トランス又は増幅器等の電圧変換手段を介して印加し、前記制御部は前記1又は複数のパルス幅、又は1又は複数のパルス幅から求められた印加電圧に応じた値が所望の値になるように、前記周波信号の電圧又は周波数を実質的に決定することを特徴とする請求項5または6に記載の振動型アクチュエータの制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、振動型アクチュエータの制御装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

一般に、振動波モータ等の振動型アクチュエータは、駆動振動が形成される振動体と、前記振動体に加圧接触する接触体とを有し、前記振動体と前記接触体とを前記駆動振動により相対的に移動させるようにしたものである。

【0003】

そして、前記振動体は、一般に、弾性体と、電気-機械エネルギー変換素子としての圧電素子とにより構成され、例えば弾性体に対して空間的に互いに90°の位相差を持った位置に駆動相を有する圧電素子を配置し、この2つの駆動相に

互いに90°の位相差を持つ2相の交番信号を印加することによって弾性体上に進行波を発生させ、これに接触体を圧接して摩擦力により駆動力を得るようにしている。

【0004】

なお、振動体と接触体との接触部には適切な摩擦力を得るための摩擦材が接着、塗布、または形成される。

【0005】

従来、振動型アクチュエータの振動振幅の検出法は、圧電素子に振動検出用の電極を設け、振動に伴う機械エネルギーを電気エネルギーに変換したものを振動検出情報として利用しており、特開平1-303074号公報のように、振動検出情報をコンパレータによって閾値電圧と比較し、大きいか小さいかの検出を行うものや、特開平3-22870号公報のように整流して直流電圧に変換しそれをA/D変換して検出するものがある。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記した特開平1-303074号公報での振動振幅の検出法では、コンパレータの結果によって所定のレベルより大きいか小さいかしか判断出来ないため、振動振幅を正確に知る為には、例えば閾値を複数用意して振幅を検出する必要があり、非常に多くのコンパレータを必要とした。

【0007】

また、特開平3-22870号公報の振動振幅の検出法では、振動波形信号を整流し平滑した上でA/D変換器によってコンピュータに読み込んでいるため、回路が複雑で高価である。また、平滑しているため、検出に遅れが出るという問題があった。

【0008】

【課題を解決するための手段】

第1の発明は、振動型アクチュエータにおける振動体の電気-機械エネルギー変換素子に周波信号を印加することで該振動体に駆動振動を形成する駆動部と、前記振動体の駆動状態を検出する駆動状態検出部と、前記駆動状態検出部の検出

情報に基づいて前記駆動部を制御する制御部とを有する振動型アクチュエータの制御装置において、前記駆動状態検出部は、前記振動体の駆動状態を検出して波形信号として出力する状態検出手段と、前記状態検出手段の出力波形信号を1又は複数の閾値と比較してパルス信号を出力する比較手段と、前記比較手段から出力される1又は複数のパルス信号のパルス幅を検出するパルス幅検出手段とを有し、前記パルス幅検出手段で検出した1又は複数のパルス幅に応じて前記駆動状態を数値として求めることを特徴とする。

【0009】

第2の発明は、振動型アクチュエータにおける振動体の電気-機械エネルギー変換素子に周波信号を印加することで該振動体に駆動振動を形成する駆動部と、前記振動体の駆動状態を検出する駆動状態検出部と、前記駆動状態検出部の検出情報に基づいて前記駆動部を制御する制御部とを有する振動型アクチュエータの制御装置において、前記駆動状態検出部は、前記振動体の駆動状態を検出して波形信号として出力する状態検出手段と、前記状態検出手段の出力波形信号を1又は複数の係数で乗算する乗算手段と、前記乗算手段で乗算した1又は複数の乗算信号を1又は複数の閾値と比較してパルス信号を出力する比較手段と、前記比較手段から出力される1又は複数のパルス信号のパルス幅を検出するパルス幅検出手段とを有し、前記パルス幅検出手段で検出した1又は複数のパルス幅に応じて前記駆動状態を数値として求めることを特徴とする。

【0010】

第3の発明は、上記いずれかの発明で、前記状態検出手段は、前記振動体の駆動状態を振動振幅として求めることを特徴とする。

【0011】

第4の発明は、上記第1または第2の発明で、前記状態検出手段は、前記振動体の駆動状態を前記電気-機械エネルギー変換素子に流入する流入電流として求めることを特徴とする。

【0012】

第5の発明は、振動型アクチュエータにおける振動体の電気-機械エネルギー変換素子に周波信号をコイル、トランス又は増幅器等の電圧変換手段を介して印

加することで該振動体に駆動振動を形成する駆動部と、前記振動体の電気一機械エネルギー変換素子に印加される電圧を駆動状態として用いる駆動状態検出部と、前記駆動状態検出部の検出情報に基づいて前記駆動部を制御する制御部とを有する振動型アクチュエータの制御装置において、前記駆動状態検出部は、前記印加電圧を1又は複数の閾値と比較してパルス信号を出力する比較手段と、前記比較手段から出力される1又は複数のパルス信号のパルス幅を検出するパルス幅検出手段とを有し、前記パルス幅検出手段で検出した1又は複数のパルス幅に応じて前記印加電圧を求めることが特徴とする。

【0013】

第6の発明は、振動型アクチュエータにおける振動体の電気一機械エネルギー変換素子に周波信号をコイル、トランス又は増幅器等の電圧変換手段を介して印加することで該振動体に駆動振動を形成する駆動部と、前記振動体の電気一機械エネルギー変換素子に印加される電圧を駆動状態として用いる駆動状態検出部と、前記駆動状態検出部の検出情報に基づいて前記駆動部を制御する制御部とを有する振動型アクチュエータの制御装置において、前記駆動状態検出部は、前記印加電圧を1又は複数の係数で乗算する乗算手段と、前記乗算手段で乗算した1又は複数の乗算信号を1又は複数の閾値と比較してパルス信号を出力する比較手段と、前記比較手段から出力される1又は複数のパルス信号のパルス幅を検出するパルス幅検出手段とを有し、前記パルス幅検出手段で検出した1又は複数のパルス幅に応じて前記印加電圧を求めることが特徴とする。

【0014】

第7の発明は、上記いずれかの発明で、前記比較手段に入力される閾値は0でないことを特徴とする。

【0015】

第8の発明は、上記第3の発明で、前記駆動状態検出部は、前記振動振幅の平均値、実効値又は波高値を求めることが特徴とする。

【0016】

第9の発明は、上記第4の発明で、前記駆動状態検出部は、前記流入電流の平均値、実効値又は波高値を求めることが特徴とする。

【0017】

第10の発明は、上記第5または第6の発明で、前記駆動状態検出部は、前記印加電圧の平均値、実効値又は波高値を求めるなどを特徴とする。

【0018】

第11の発明は、上記第8、第9または第10の発明で、前記駆動状態検出部で求める前記平均値は、前記1又は複数のパルス幅検出手段の出力から選択される1又は複数のパルス幅と、前記パルス幅信号毎に決められた係数を掛けたものの和であるなどを特徴とする。

【0019】

第12の発明は、上記第8、第9または第10の発明で、前記駆動状態検出部で求める前記平均値は、前記1又は複数のパルス幅検出手段の出力から選択される一つ又は複数のパルス幅の差に応じて計算されることを特徴とする。

【0020】

第13の発明は、上記第11または第12の発明で、前記駆動状態検出部は、平均値に補正項を加算することを特徴とする。

【0021】

第14の発明は、上記第8、第9または第10の発明で、前記駆動状態検出部は、前記波高値を前記1又は複数のパルス幅検出手段の出力の内、0でない一番小さなパルス幅を出力したパルス幅検出手段に対応する値としたことを特徴とする。

【0022】

第15の発明は、上記第8、第9または第10の発明で、前記駆動状態検出部は、前記波高値を前記1又は複数のパルス幅検出手段の出力の内、0でない2つのパルス幅の差と該パルス幅を出力した2つのパルス幅検出手段に対応する値から算出することを特徴とする。

【0023】

第16の発明は、振動型アクチュエータにおける振動体の電気一機械エネルギー変換素子に周波信号をコイル、トランス又は増幅器等の電圧変換手段を介して印加することで該振動体に駆動振動を形成する駆動部と、前記振動体の駆動状態

を検出する駆動状態検出部と、前記駆動状態検出部の検出情報に基づいて前記駆動部を制御する制御部とを有する振動型アクチュエータの制御装置において、前記駆動状態検出部は、前記振動体の振動振幅又は前記電気-機械エネルギー変換素子への流入電流を検出して波形信号として出力する状態検出手段と、前記状態検出手段の出力波形信号を1又は複数の閾値と比較して第1のパルス信号を出力する第1の比較手段と、前記第1のパルス信号のパルス幅を検出する第1のパルス幅検出手段と、前記印加電圧を1又は複数の閾値と比較して第2のパルス信号を出力する第2の比較手段と、前記第2のパルス信号のパルス幅を検出する第2のパルス幅検出手段と、前記第1のパルス信号と前記第2のパルス信号との位相差を検出する位相差検出手段とを有し、前記第1のパルス幅検出手段の出力が所定の値よりも小さい場合に前記位相差検出手段の位相差検出を行わないか又は所定の値を出力することを特徴とする。

【0024】

第17の発明は、上記第16の発明で、前記位相差検出手段は、前記第1のパルス信号と前記第2のパルス信号の信号エッジのズレ量を検出するカウンタと、前記カウンタの検出した時間と上記振動型アクチュエータに印加する駆動電圧の周波数の周期に比例する時間を差し引いた値であることを特徴とする。

【0025】

第18の発明は、上記いずれかの発明で、前記駆動部は、前記駆動状態検出部で求めた数値に基づいて、前記周波信号の周波数、電圧、位相差を実質的に決定することを特徴とする。

【0026】

第19の発明は、上記第1または第2の発明で、前記振動型アクチュエータの速度、位置、力、加速度又は前記振動体の共振状態のいずれかの情報を検出する第1の駆動状態検出部と、該第1の駆動状態検出部の出力信号を所望の値と比較する第1の比較手段と、該比較手段の出力信号を演算処理する補償回路又は変換手段と、前記振動体の振動振幅又は前記電気-機械エネルギー変換素子への流入電流を検出する第2の駆動状態検出部と、該駆動状態検出部で求めた値と該補償回路の出力信号を比較する第2の比較手段とを有し、前記制御部は、該第2の比較

手段の出力に基づいて、前記1又は複数の周波信号の周波数、電圧、位相差を実質的に決定することを特徴とする。

【0027】

第20の発明は、上記第1または第2の発明で、前記振動型アクチュエータの速度、位置、力、加速度又は前記振動体の共振状態のいずれかの情報を検出する第1の駆動状態検出部と、該第1の駆動状態検出部の出力信号を所望の値と比較する第1の比較手段と、該比較手段の出力信号を演算処理する補償回路又は変換手段と、前記振動体の振動振幅又は前記電気-機械エネルギー変換素子への流入電流を検出する第2の駆動状態検出部と、該駆動状態検出部で求めた値と該補償回路の出力信号を比較する第2の比較手段とを有し、前記制御部は、該第2の比較手段の出力が0に近づくように、前記変換手段の出力に応じて、前記1又は複数の周波信号の周波数、電圧、位相差を実質的に決定することを特徴とする。

【0028】

第21の発明は、上記第5または第6の発明で、前記駆動部は、前記電気-機械エネルギー変換素子に1又は複数の周波信号をコイル、トランス又は増幅器等の電圧変換手段を介して印加し、前記制御部は前記1又は複数のパルス幅、又は1又は複数のパルス幅から求められた印加電圧に応じた値が所望の値になるよう、前記周波信号の電圧又は周波数を実質的に決定することを特徴とする。

【0029】

【発明の実施の形態】

(第1の実施の形態)

実施の形態の説明の前に、簡単に振動型アクチュエータの例について簡単に説明しておく。図9は振動型アクチュエータとしてのリング型の振動波モータの一例を示す斜視図で、31は弾性材料で構成されたリング状弾性体、32は弾性体31の片面に接着された電気-機械エネルギー変換素子としての圧電素子で、弾性体31と圧電素子32により振動体を構成している。33は不図示の加圧手段によって弾性体31に加圧接触している接觸体としてのロータ、34はロータ33と一体をなす回転軸である。

【0030】

図10に圧電素子の形状を示す。圧電素子32は通常1mm以下の厚さを持っており本例ではリング状の形状をしている。一方の面は弾性体31に接着されており、他方の面は図10に示すように複数の電極区画に電極が分割されている。本例では32-a、32-bの2相の駆動用電極区画と32-cの振動検出用電極が設けられている。そして駆動される振動の波長を λ とすると、弾性体31には例えば 7λ あるいは 8λ の波数の進行波が形成されるようになっている。

【0031】

両方の駆動用電極区画32-aと32-bとは、例えば厚み方向における分極方向が異なる電極部が $\lambda/2$ の間隔を有して交互に設けられ、また、両方の駆動用電極区画32-aと32-bとは $\lambda/4$ の間隔を有して配置されている。32-cは $\lambda/2$ の長さで設けられた振動検出用の電極区画である。

【0032】

通常、駆動用電極区画32-a、32-bに略 90° の位相を持つ2相の駆動電圧を印加することによって、両方の駆動用電極区画32-a、32-bによって弾性体31に定在波を励起し、この2つの定在波の合成により弾性体31上に進行性振動波を形成し、ロータ33及び回転軸34を回転させるように構成されている。そして、振動体に実際に形成される振動を振動検出用電極32-cにより検出する。

【0033】

以下駆動用電極区画32-aに相当する圧電素子をA相PZT、駆動用電極区画32-bに相当する圧電素子をB相PZT、振動検出用電極32-cに相当する圧電素子をS相PZTと呼ぶ事にする。

【0034】

以下実施の形態の説明を行う。

【0035】

図1は本発明の第1の実施の形態を示すブロック図で、1は振動型アクチュエータのA相PZT、2は同B相PZT、3は同S相PZTである。これらは一つの振動型アクチュエータに接着された圧電素子の各区画に相当している。

【0036】

4、5は増幅回路で、振動型アクチュエータに印加する電圧を振動が発生するのに十分な力を発生させる電圧に増幅するためのものである。これらは単にトランジスタやコイルを用いた昇圧回路である場合もある。

【0037】

12はCPUで、振動型アクチュエータの振動振幅を所定の値にするように振動型アクチュエータに印加する交流電圧の周波数及び電圧振幅を決定する。9は駆動電圧発生器で、CPU12からの周波数指令及び電圧指令によって交流電圧を発生している。8は移相回路で、発振器9の出力する交流電圧の位相を90°ずらすように構成されている。CPU12は振動型アクチュエータの振動振幅を制御する為に振動振幅を検出しているが、検出回路の構成及び動作について以下に説明する。

【0038】

S相PZT3の出力信号であるSOUTは、振動型アクチュエータの実際の振動に応じた波形になっている。6、7はコンパレータであって、SOUT信号と所定の値をそれぞれ比較し、SOUTが大きい場合にはハイレベルの信号を、逆であればローレベルの信号をそれぞれ出力する。

【0039】

コンパレータ6、7のそれぞれの比較電圧は抵抗分圧によって決められており、図1に示すように、コンパレータ6の比較電圧は $V_{cc} \times (R2 + R3) / (R1 + R2 + R3)$ 、コンパレータ7の比較電圧は $V_{cc} \times R3 / (R1 + R2 + R3)$ である。ここで、図3に示すように、SOUT信号はほぼ0（出力電圧がほぼ0）を中心とする正弦波であるので、制御電圧Vccを正の電圧とすると、コンパレータ7の出力信号SP2のパルス幅のほうがコンパレータ6の出力信号SP1のパルス幅より広くなることになる。図3に示すように、SOUT信号の振幅が大きくなるに従い、コンパレータ6、7の出力信号SP1、SP2のパルス幅が広がっており、且つ出力信号SP2の方が出力信号SP1よりパルス幅が広いことがわかる。

【0040】

次に、図1において、10、11はパルス幅検出手段であり、出力信号SP1

、出力信号SP2のパルス幅を所定のカウントクロック（通常1MHz以上でCPU12の動作クロックを用いる事もある）を使ってカウントしている。図3のタイミングチャートにおいて、コンパレータ6の出力信号SP1、コンパレータ7の出力信号SP2に基づくパルス幅検出手段10のパルス幅PW1、パルス幅検出手段11のパルス幅PW2は検出され、CPU12に出力される。

【0041】

CPU12は、パルス幅検出手段10、11の各々の出力PW1、PW2とともにSOUTの振幅を求めている。

【0042】

図12にSOUTに対するパルス幅の変化の関係を示すグラフを示す。実線がPW1の変化であり、点線がPW2の変化である。図より、それぞれSOUTが大きくなるに従って変化の度合いが小さくなることがわかる。そこで、SOUTの大きい場合にはPW1を、小さい場合にはPW2を使う事でSOUTの振幅の検出分解能を上げる事が可能になる。

【0043】

つまり、PW1が0の間はPW2によってSOUTの振動振幅を求め、PW1が0でない場合にはPW1でSOUTの振動振幅を求めるようにすれば良い。また、PW1とPW2の両方から求め、その平均を求めたり、テーブルによってPW1とPW2への係数を変えたりしても良い。

【0044】

また、図12はSOUTの波高値について示したが、実効値や平均値についても予めパルス幅との対応を測定しておけば良いので簡単に求める事が出来る。

【0045】

以下にSOUTの振動振幅を制御するCPU12の動作について図13のフローチャートを用いて説明する。

【0046】

まず、最初に駆動周波数Fを初期周波数に、駆動電圧Vが所望の起動電圧になるように駆動電圧発生器9に設定する（S1）。すると、振動型アクチュエータは回転を始め、SOUTには小さい電圧振幅の波形が現れる。

【0047】

すると、コンパレータ6、7によって所定の閾値で比較され、パルス幅検出手段10、11によって検出されたパルス幅PW1、PW2がCPU12に入力される。

【0048】

CPU12は、コンパレータ7からの信号SP2の出力タイミングを待って(S2)、パルス幅PW1とPW2を検出する(S3)。

【0049】

次に、パルス幅PW1が0かどうかを判断し(S4)、0であるならパルス幅PW2からSOUTの振幅SAMPを計算する(S5)。計算方法は、パルス幅PW2の値に対して決められたテーブルから求める。もし、パルス幅PW1が0でないなら、パルス幅PW1からSOUTの振幅をテーブルから計算する(S6)。

【0050】

次に、計算されたSOUTの振幅SAMPと、目標の振幅AMPSMを比較し(S7)、SOUTの振幅SAMPが小さいなら駆動周波数Fを△F減算し(S9、S10)、SOUTの振幅SAMPが大きいなら駆動周波数Fを△F加算する(S8)。ここでもしSOUT振幅が小さかったとすると、駆動周波数Fが△F振動型アクチュエータの共振周波数に近づくから、振動型アクチュエータの振動振幅が増加し、SOUTの振幅が大きくなる。この様にしてSOUTの振幅は目標振幅に近づいていく。

【0051】

また、本実施の形態では2つのコンパレータを用いてSOUTの振幅を検出したが、もっとたくさんのコンパレータを使えば更に高精度に振動振幅を求めることが可能である。

【0052】

図5に示す例は、コンパレータの比較値をC0～C6まで設定している。コンパレータの比較値の間隔は等間隔でもそうでなくても良い。ここで、図5にはほぼ正弦波状の波形と、この波形とC0～C6の比較値を比較した結果のパルス波

形も重ねて表わしている。

【0053】

C0より正弦波波形が小さいのでパルス波形は出力されないが、C1～C6の比較値ではそれぞれT1～T6のパルス幅を持つ波形が出力される。

【0054】

図5において、パルス波形で示したピラミッド状の形状の面積を求めるることはパルス幅と閾値間隔の掛け算結果の和であるから容易に求める事が可能である。従って、この面積を正弦波波形の周期で割ればおおよその正弦波波形の平均値を求める事が可能である。

【0055】

また、振動型アクチュエータの駆動周波数は振動体の共振周波数近傍であり大きな変化を必要としないから、正弦波波形の周期で割ることを省略しても大きな問題は生じない。また、更に閾値間隔を等しくすれば、単にパルス幅の和を求めるのみで平均値を求める事が出来る。

【0056】

更に正弦波波形の面積を正確に求めるための補正計算について説明する。図6がこれを説明する図で、図5が階段状の形状であったのに対して図6は台形を重ねた形状になっており、最上部が三角となっている。これにより正確な平均値を求める事が出来る。ここで最上部の三角部は加えても加えなくても良い。

【0057】

ここで閾値間隔を等しいとして仮に全て1とすれば、台形計算による面積Sは(1)式で表わされる。

【0058】

【数1】

$$\begin{aligned} S &= \frac{T_1}{2} + \frac{T_1+T_2}{2} + \frac{T_2+T_3}{2} + \frac{T_3+T_4}{2} + \frac{T_4+T_5}{2} + \frac{T_5+T_6}{2} + \frac{T_6+T_7}{2} \\ &= T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 + \frac{T_7}{2} \end{aligned}$$

(1)

【0059】

最上部の三角を加えない場合の面積Sは(2)式で表わされる。

【0060】

【数2】

$$\begin{aligned} S &= \frac{T_1+T_2}{2} + \frac{T_2+T_3}{2} + \frac{T_3+T_4}{2} + \frac{T_4+T_5}{2} + \frac{T_5+T_6}{2} + \frac{T_6+T_7}{2} \\ &= \frac{T_1}{2} + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 + \frac{T_7}{2} \end{aligned}$$

(2)

【0061】

つまり、パルス幅の和($T_1 \sim T_6$ の和)に、 $T_7/2$ 又は $(T_7 - T_1)/2$ の補正項を加算すれば良い事になる。また、 T_7 は正弦波の半周期に相当するので、駆動周波数が判れば測定しなくとも計算出来る。

【0062】

また、上記例ではピラミッド状の形状の面積を求めるのにパルス幅の和を計算しているが、計算方法についてはこの限りではない。例えば上記ピラミッド形状を図7のように変形しても面積は変わらないから、分割のしかたによって面積の求め方は様々である。図7の(A)はパルスの始まりをそろえたものであり、図7の(B)は縦に分割しなおしたものである。ここで $S_1 \sim S_6$ の面積を個々に求めて和をとれば同様にしてピラミッド形状の面積を求める事が出来る。 $S_2 \sim S_6$ までの面積はパルス幅の差を求めてから閾値との掛け算をすることでそれ面積を求める事が出来る。

【0063】

(第2の実施の形態)

図2は本発明の第2の実施の形態を示すブロック図である。

【0064】

図2において、13は増幅回路4の出力であるA相PZT1に印加する交流電

圧と所定の閾値電圧VBとを比較するコンパレータ、14は公知のエクスクルーシブORゲート（以下XORと言う）で、コンパレータ13、6の出力信号の排他的論理和を求めている。15はXOR14の出力信号のハイレベルの時間を駆動周波数の周期の整数倍の時間の間カウントする位相検出カウンタである。

【0065】

XOR14の出力パルスは、同じ周波数の2つの入力信号の位相差に応じた期間ハイレベルを示すことは良く知られており、位相ロック回路等にも応用されている。

【0066】

ここでは、A相PZT1に印加する電圧AOOUTと振動検出信号SOUT間の位相差を求めるために用いている。

【0067】

一方、SOUTの振幅を検出する方法は、パルス幅を検出する点では第1の実施の形態と同じだが、第1の実施の形態では2つの閾値によって2つのパルス信号を得ていたが、本実施の形態では、SOUTを2つの分圧比で分圧し、これを一つの閾値と比較している。各部の波形を図4に示す。

【0068】

SOUT信号を分圧した信号SO1、SO2は、分圧比の大きい信号SO2の方が小さくなっている。従ってコンパレータ6、7で同じ閾値で比較した結果、SP1の方がSP2よりパルス幅が広くなっている。

【0069】

また、A相PZT1に印加される電圧AOOUTは十分大きい為、コンパレータ13の出力APはデューティ50%に近いパルスになっている。ここで、AOOUTは時間が進むにつれ周波数が低くなっている（駆動の際に高い周波数側から低い周波数に向かってスイープし、目標速度に向かって駆動周波数を低くするため）。すると、振動型アクチュエータの共振周波数に近づくから振動振幅を表わすSOUTが大きくなっている。

【0070】

また、振幅が大きくなるのに従ってAOOUTとSOUTの位相差は90°近傍

に近づいていく。実際にはS相PZTの設け方によってこの位相差にオフセット値が加わるからこの限りではない。

【0071】

ここで、図4に示すように、XOR14の出力であるASP信号を見ると、徐々にパルス幅が広がっていることがわかる。XOR14の出力は、APとSP1の位相差が 0° の時はパルス幅が0となり、 90° ではデューティ50%でAOUTの周波数の倍の周波数のパルス信号となる。

【0072】

更に、 180° ではハイレベルに固定するため、 $0^\circ \sim 180^\circ$ まで検出可能となる。このようにしてAOUTとSOUTの位相差PHを検出すれば、振動型アクチュエータの振動状態が共振に近いのか遠いのかが検出でき、駆動周波数が共振周波数より下に行かないように制限をかけることが可能となる。

【0073】

ここで、図14にCPU12のフローチャートを示す。

【0074】

本実施の形態は、SOUTの振幅を所定の値に制御する点では第1の実施の形態と同じであるが、位相差PHが所定の位相差より大きくならないように制御する点で異なる。

【0075】

まず、最初に駆動周波数Fを初期周波数に駆動電圧Vを所望の起動電圧になるように駆動電圧発生器9に設定する(S21)。すると、振動型アクチュエータは回転を始め、SOUTには小さい電圧振幅の波形が現れる。そして、コンパレータ6、7によって所定の閾値で比較されて出力SP1、SP2がパルス幅検出手段10、11によって検出されたパルス幅PW1、PW2がCPU12に入力される。

【0076】

その際、CPU12は、コンパレータ6からの信号SP1のタイミングを待つて(S22)、パルス幅PW1とPW2を検出する(S23)。

【0077】

次に、パルス幅PW2が0かどうかを判断し（S24）、0であるならパルス幅PW1からSOUTの振幅SAMPを計算する（S25）。計算方法は、パルス幅PW1の値に対して決められたテーブルから求める。

【0078】

もし、パルス幅PW2が0でないなら、パルス幅PW2からSOUTの振幅SAMPをテーブルから計算する（S26）。ここで、比較するパルス幅を0としたが、これより大きい値でも良い。

【0079】

次に、SOUTの振幅SAMPを所定の振幅SLIMと比較する（S27）。SOUTの振幅SAMPが所定の振幅SLIMより大きい場合には、位相差PHを検出しPHASに代入する（S28）。なお、SOUTの振幅SAMPが所定の振幅SLIMより小さい場合にはPHASを0とする。

【0080】

そして、PHASが所定の位相差PHLIM2（PHLIM2<PHLIM1）に到達し（S29）、さらに、PHASが所定の位相差PHLIM1に到達していれば（S30）、周波数Fを△F減算する（S31）。

【0081】

そうでない場合は、S22に戻り、S29において、更にPHASをPHLIM1より小さいPHLIM2と比較し、これより大きい場合は周波数Fの設定を変更せずループを終了する。

【0082】

PHLIM1、PHLIM2を超えていない場合は、計算されたSOUTの振幅SAMPと目標の振幅AMPSを比較し（S32）、SOUTの振幅SAMPが小さいなら（S33）、駆動周波数Fを△F減算し（S31）、SOUTの振幅SAMPが大きいなら（S32）、駆動周波数Fを△F加算して周波数を設定する（S34）。

【0083】

ここで、もしSOUT振幅SAMPが小さかったとすると、駆動周波数が振動型アクチュエータの共振周波数に近づくから、振動型アクチュエータの振動振幅

が増加し、SOUTの振幅が大きくなる。

【0084】

この様にして、SOUTの振幅は目標振幅に近づいていくとともに、駆動周波数が振動型アクチュエータの振動体の共振周波数に近づきすぎないように周波数が制限され、SOUTの目標の振幅AMP Sが大きすぎる場合でも駆動周波数が共振周波数より低い周波数にならないように構成されている。

【0085】

なお、本実施の形態でも第1の実施の形態と同様に、SOUTの振幅を求めるのにテーブルを使っているが、別の方針でも良く、この場合について以下に説明する。

【0086】

2つのパルス幅情報PW1、PW2を用いて振動振幅を求める事にする。図17はこれを説明する為の図である。本例ではSOUTを分圧して信号SO1、SO2を発生させこれを同じ閾値と比較し、コンパレータ6、7の出力SP1、SP2を得ているが、第1の実施の形態と同じように、SOUTを異なる2つの閾値で比較しても同じパルス信号SP1、SP2を得ることが可能であることはいうまでもないことである。

【0087】

ここで、この2つの閾値をC1、C2とした時に、SP1、SP2が得られたとすると、もしSOUTを近似的に三角波とすれば、図17に示すような三角波とパルス波形と閾値の関係が得られる。つまり、閾値C1で三角波をコンパレータで比較すると、パルス幅PW1のパルス信号SP1が出力され、閾値C2で三角波をコンパレータで比較すると、パルス幅PW2のパルス信号SP2が出力される。ここで頂点の高さをCとすると(3)式で表わす事が出来ることは明白である。

【0088】

【数3】

$$C = \frac{PW2}{PW1-PW2} (C2 - C1) + C2$$

(3)

【0089】

従って(3)式のCを計算する事によってSOUTの振幅を近似的に知る事が出来る。この式を本実施の形態の抵抗分圧による式に置きかえるにはC1、及びC2は(4)、(5)式で表わせば良い。

【0090】

【数4】

$$C1 = \frac{R4 + R5 + R6}{R5 + R6} \times VA$$

(4)

$$C2 = \frac{R4 + R5 + R6}{R6} \times VA$$

(5)

【0091】

ここで、平均値を求めるなら、三角波と仮定しているので(3)式のCを用いて(1/2)Cを駆動周波数の周期で割ればおおよその値が求まる。実効値については、(1/ $\sqrt{3}$)Cを駆動周波数の周期で割れば良い。

【0092】

(第3の実施の形態)

図8は本発明の第3の実施の形態を示すブロック図である。

【0093】

図8において、16はA相PZTに印加される電圧AOUTの振幅を検出するためのパルス幅検出手段で、コンパレータ13によって出力されるパルス信号のパルス幅を検出しており、CPU12によってAOUTの振幅が計算される。

【0094】

コンパレータ13の入力は、一方が所定の閾値電圧V_Bで、他方がA OUT信号をR4, R5で抵抗分圧した信号である。また、17はB相PZTに流入する電流を検出する為のカレントトランスであり、18はカレントトランス17の出力を増幅する為の増幅器である。

【0095】

増幅器18の出力I OUTは、コンパレータ6によって閾値電圧V_Aと比較されパルス信号I Pとなり、パルス幅検出手段10でパルス幅を検出し、CPU12で電流振幅を計算している。

【0096】

なお、本実施の形態では、上記した実施の形態とは異なり、圧電素子の振動検出用の電極を用いることなく振動状態を検出するものである。

【0097】

図15、図16はCPU12の動作を示すフローチャートであり、これを用いて動作を説明する。

【0098】

最初に駆動周波数Fを初期周波数に、駆動電圧Vを所望の駆動電圧になるように駆動電圧発生器9に設定する(S41)。すると振動型アクチュエータは回転を始め、増幅器18の出力I OUTには小さい電流振幅の波形が現れる。

【0099】

次に、コンパレータ6によって所定の閾値で比較され、パルス幅検出手段10によって検出されたパルス幅PW4がCPU12に入力される。

【0100】

その際、CPU12はPW4を検出し(S42)、所定のI OUTの目標値に対応する目標パルス幅PWSと比較し(S43)、PW4が小さいなら(S44)、駆動周波数Fを△F減算し(S45)、PW4が大きいなら駆動周波数Fを△F加算する(S46)。

【0101】

ここでもしPW4が小さかった場合、駆動周波数Fが振動型アクチュエータの共振周波数に近づくから、振動型アクチュエータへの流入電流が増加し、I OUT

Tの振幅が大きくなる。この様にして I O U T の振幅は目標振幅に近づいていくことになる。

【0102】

C P U 1 2 では、この制御と並行して別の制御も行っている。パルス幅検出手段 1 6 は A O U T の振幅に対応するパルス幅を出力している。第 1 、第 2 の実施の形態では A 相 P Z T 1 及び B 相 P Z T 2 には増幅回路 4 、 5 を介して電圧を印加していたが、本実施の形態ではトランス T 1 、 T 2 で電圧を昇圧して電圧を印加している。

【0103】

従って、トランスのインピーダンスと A 相 P Z T 1 、 B 相 P Z T 2 のインピーダンスの関係によって、駆動周波数が変化すると印加電圧の振幅が変化してしまう。ここではこの振幅変化をなくすために、C P U 1 2 では、パルス幅検出手段 1 6 で検出のパルス幅 P W 3 から A O U T 信号の振幅を算出し、駆動電圧指令を駆動電圧発生手段 9 に対して送るように構成されている。図 1 6 はこの動作を示すフローチャートである。

【0104】

図 1 6 に示すフローチャートにおいて、まず駆動状態かどうかを確認する。次に P W 3 を C P U 1 2 に取り込み (S 5 1) 、これと目標電圧振幅に対応するパルス幅 P W V とを比較する (S 5 2) 。 P W 3 が目標パルス幅より大きい場合には、駆動電圧 V を ΔV 減少させる (S 5 5) 。

【0105】

一方、 P W 3 が目標パルス幅より小さい場合には (S 5 2、 5 3) 、駆動電圧 V を ΔV 増加させる (S 5 5) 。

【0106】

そしてこれを繰り返し、駆動を停止するまで繰り返す。

【0107】

以上のようにして駆動電圧を所定の値に保ちながら振動体の圧電素子に流入する電流を制御することで、トランスの影響による低速駆動時に印加電圧が高くなる現象に対応できるため、効率良く振動型アクチュエータの駆動を行う事が出来

る。

【0108】

(第4の実施の形態)

図11は本発明の第4の実施の形態を示すブロック図である。

【0109】

図において、19は振動型アクチュエータの回転位置を検出する為のロータリーエンコーダ、20はロータリーエンコーダの出力するパルス信号の周波数を検出する為の周期カウンタである。

【0110】

21はMOSFET Q1～Q4をドライブする為のドライバ、22は振動型アクチュエータを駆動する周波数の4倍の周波数から2相の90°位相の異なるパルス信号で、かつ不図示の指令手段からのパルス幅指令によって決まるパルス幅のパルス信号を出力するパルス発生手段、23は不図示の水晶発振器等の高周波発振器からのCLK信号（通常数10MHz以上）によってカウントし上記振動型アクチュエータの駆動周波数の4倍の周波数のパルス信号を発生する分周器で、本実施の形態ではプログラマブル分周器（プログラムによって任意の回路に構成できるデバイスを用いて分周器を構成）を使用している。

【0111】

24は駆動周波数が所定の範囲を超えないように制限する周波数制限手段、29は不図示の指令手段からの回転速度指令から周期カウンタ20の検出した周期を減算する減算器、25は減算器29の出力を所定のゲインで増幅する比例要素、26は減算器29の出力を所定のタイミングで積算する積分要素、30は比例要素25と積分要素26の出力を加算する加算器である。

【0112】

28は駆動周波数の4倍の周波数の周期（T/4）とAOUT信号とSOUT信号の位相差であるPH信号との差を計算する減算器で、T/4信号は駆動周波数においては90°に相当する時間に相当する値である。従って、減算器28の出力はAOUTとSOUTの位相差に対応する時間が駆動周波数の90°に相当する時間と時間的にどれだけ離れているかを表わしている。

【0113】

これは、位相差を時間で検出すると、駆動周波数が変化した場合、検出された時間が同じ値でも位相差に直すと異なってしまう問題に対処する為の一つの方法で、少なくとも 90° より大きいか小さいかを正確に判別している。実際に後述する位相差制限指令は 90° 近傍の値となるため、比較する値に対して近い 90° に対応する時間との差を求めてことで、位相差の検出精度を高めることを目的としている。

【0114】

また、駆動周波数の周期が判っているので、これから求めればより直接的に後述する位相差制限指令に相当する時間を計算して減算器28で減算しても良い。

【0115】

27は減算器28の出力を不図示の指令手段からの位相差制限指令と比較するための位相差比較手段である。位相差比較手段27は、SOUTの振幅に対応するパルス幅信号PW1が不図示の指令手段からのパルス幅制限指令より大きい場合には、減算器28の出力を検出し、これを上記位相差制限指令と比較する。この結果、上記位相差制限指令より減算器28の出力値が大きいなら周波数制限指令を出力する。すると、積分要素26はこれに応じて積分を停止し、かつ積分値を ΔT 減少させ、周波数制限手段24は加算器30からの入力を遮断し現在の出力から ΔT 減少するように構成されている。

【0116】

以下に全体の動作説明を行う。

【0117】

本実施の形態は、振動型アクチュエータの回転速度を不図示の指令手段からの回転速度指令に制御することを目的としている。回転速度指令は振動型アクチュエータの回転を検出するためのロータリーエンコーダ19からのパルス信号の周期に対応する値を設定するようになっている。

【0118】

上記回転速度指令は、周期カウンタ20で検出されたロータリーエンコーダ19の出力パルスの周波数に対応する周期が減算器29で比較される。この比較結

果が正の値の場合、実際の回転速度信号が周期を表わしていることから、周期どうしの比較となるため、この正の値は振動型アクチュエータの回転速度信号（周期）が回転速度指令（周期）より大きいことを示している。そして、実際の回転速度は目標回転速度より遅いことを示している。

【0119】

ここで、駆動周波数の設定はプログラマブル分周器23の分周回数を設定することで行っているが、減算器29の出力が正であると分周回数が増加していく。すると出力信号の周期が大きくなつて行き、駆動周波数が低くなつていく。そして駆動周波数が振動型アクチュエータの共振周波数に近づいて行き、回転速度が上昇し目標回転速度に近づいていく。

【0120】

また、逆に減算器29の出力が負で実際の回転速度が回転速度指令より速いなら、駆動周波数が増加し回転速度が低下し目標回転速度に近づいていく。

【0121】

次に、プログラマブル分周器23の出力以降の駆動電圧発生部について説明する。

【0122】

パルス発生手段22は、プログラマブル分周器23の出力である駆動周波数の4倍の周波数のパルス信号を元に90°の位相差を持つ2相のパルスを発生する。4倍の周波数は、駆動周波数の4分の1の周期を持つ為、90°の位相を持たせるのに都合が良い。更に、不図示の指令手段からのパルス幅指令によってパルス幅を設定している。2相のパルス信号は、Q1、Q2及びQ3、Q4からなる2つのハーフブリッジをドライブしてパルス発生手段22の出力パルスをVPの振幅を持つパルス信号に変換している。

【0123】

ドライバ21は、パルス発生手段22の2相のパルス信号から、MOSFET Q1～Q4をドライブする4相の信号を発生させており、MOSFET Q1、Q2及びMOSFET Q3、Q4が同時ON状態にならない為のディレイ回路や、MOSFET Q1、Q3をドライブする為の電圧変換回路等で構成されている。

【0124】

MOSFET Q1、Q2及びMOSFET Q3、Q4の各ハーフブリッジは、インダクタ素子L1、L2を介してA相PZT1及びB相PZT2に交流電圧を印加している。

【0125】

ここで、インダクタンス素子L1及びL2は電圧を昇圧するためと突入電流を減らす為に設けられており、A相PZT1に印加される電圧AOUTはハーフブリッジの電源電圧VPより大きな電圧がかかることがある。

【0126】

次に、回転速度制御動作についてもう少し詳しく述べる。

【0127】

減算器29の比較結果は、比例積分動作による制御を行う為に、比例要素25と積分要素26に入力される。比例要素25と積分要素26の出力が加算器30で加算され、加算器30の出力に従って、振動型アクチュエータの回転速度が比例積分動作で制御されることになる。

【0128】

ここで、比例要素25、積分要素26、加算器30による比例積分演算の結果と駆動周波数の関係であるが、この結果は駆動周波数の4倍の周波数に対応する周期を直接表わしている。起動時には積分要素26に不図示の指令手段からの初期セット信号が入力され、これによって積分要素26は不図示の指令手段からの初期周波数の4倍の周波数に対応する周期に相当する初期周波数指令を設定する。また、初期状態においては、不図示の指令手段からの回転速度指令が停止状態を示す最大周期であり、周期カウンタ20の出力も飽和して回転速度が最大周期になっており、減算器29の出力は0である。

【0129】

従って、起動時の周波数は比例要素25の出力が0であるから加算器30の出力は積分要素26に設定されている不図示の指令手段からの初期周波数指令に相当する周期が出力される。ここで、不図示の指令手段からのパルス幅指令が所定のパルス幅に設定されると、振動型アクチュエータには不図示の指令手段からの

初期周波数指令の周波数の上記所定のパルス幅のパルス信号がMOSFETから出力され、これに対応する振幅の駆動電圧がA相PZT1及びB相PZT2に印加される。そして、不図示の指令手段からのリセット信号が解除されると共に、不図示の指令手段からの回転速度指令が上昇すると、減算器29の出力は正の値となり、比例要素25の出力が正の値となり、且つ積分要素26の出力が増加して行く。すると、A相PZT1及びB相PZT2に印加される駆動電圧の周波数が低くなっているとき振動型アクチュエータが加速し始める。こうして不図示の指令手段からの回転速度指令に追従するように振動型アクチュエータの回転速度が制御される。

【0130】

次に、振動型アクチュエータの振動振幅の検出信号であるS相PZT3の出力信号SOUTの処理回路について説明する。

【0131】

S相PZT3の静電容量は通常小さい為ノイズの影響を受けることがある。そのため、SOUTを抵抗R4、R5で抵抗分圧と共にコンデンサC1を抵抗R5に並列に接続することでローパスフィルタを構成している。従ってSOUTに重畠したノイズは信号SOでは減衰されている。

【0132】

そして、信号SOはコンパレータ6で閾値電圧VAと比較してパルス信号SPに変換され、パルス幅検出手段10で信号SPのパルス幅PW1を検出している。また、A相PZT1に印加される電圧AOUTは、抵抗R6、R7で分圧されコンパレータ13で閾値電圧VBと比較されパルス信号APに変換される。

【0133】

そして、XOR14によって信号SPと信号APの排他的論理和により位相検出用パルス信号ASPに変換し、位相差検出カウンタ15で位相差PHを検出している。位相差PHは、上述したように駆動周波数における90°に相当する時間(T/4)を減算器28で引かれ、この結果が位相情報として位相差比較手段27に入力される。

【0134】

以下にこの位相比較手段27が回転速度制御にどのようにかかわるかについて説明する。

【0135】

まず、位相差信号は、信号SP及び信号APがデューティ50%に近いパルス幅でないと位相差情報として使えない。パルス幅信号PW1が不図示の指令手段からのパルス幅制限指令を超えるまでは位相比較手段27は周波数制限動作を行わない。従ってSOUT信号がある程度大きな振幅になってから、つまり回転速度がある程度速くなつてから周波数制限動作が行われる。

【0136】

ここで、信号APと信号SP間の位相差が所定の値を超えた時になぜ駆動周波数の制御を止めるかと言うと、振動型アクチュエータに印加する交流電圧の周波数が振動型アクチュエータの共振周波数を超えて低い周波数になると回転が停止してしまうからである。負荷変動等により回転が遅くなると駆動周波数を低くするよう制御されるが、駆動周波数が共振周波数より高い状態の時の位相差を予め制限用の位相差と決めておけば、その制限用の位相差を越えたなら周波数を△F増加させるように構成することで共振周波数より低い周波数にならないようにすることが出来る。

【0137】

つまり、不図示の指令手段からの位相差制限指令と減算器28の出力を比較し、その結果、位相差制限指令を超えていれば周波数制限指令を出力し、積分要素26は積分を停止し積分値を△T減少させ、周波数制限手段24も加算器30の入力を停止し、前回の出力値から△T減少させるように構成され、その結果プログラマブル分周器23の分周率が小さくなり駆動周波数が上昇する。このようにして駆動周波数が共振周波数より低い周波数にならないようになっている。

【0138】

このように、駆動周波数が共振周波数より低い状態におちいる事無く振動型アクチュエータの回転速度を制御している。

【0139】

また、本実施の形態では、コンパレータを用いて交流電圧をパルス波形に変換

しているが、CMOSロジックIC、例えば74HC541等のように決められた所定の電圧でハイかローかを判別する論理素子を用いても同様にしてパルス幅に変換できることは当然である。また、ここではロータリーエンコーダ19の出力から回転速度を検出してこれを制御したが、ロータリーエンコーダ19は位置を検出することも可能であり、更に一定時間内の位置や回転速度の変化情報から加速度や力を求めることが可能である。従ってこれらを制御する場合にも振動振幅や流入電流、印加電圧をパルス幅に変換する事で求め利用できることは当然である。

【0140】

【発明の効果】

請求項1、3、4に係る発明によれば、振動型アクチュエータの振動波形信号又は振動型アクチュエータへの流入電流信号をコンパレータ等の比較手段で一又は複数の所定電圧と比較し、該各コンパレータの出力信号のパルス幅をパルス幅検出手段によって検出し、1又は複数のパルス幅情報から上記振動振幅又は流入電流を求めてことで、簡単なデジタル回路で安価に振動振幅や流入電流を求めることが出来る。

【0141】

請求項2、3、4に係る発明によれば、振動型アクチュエータの振動波形信号又は振動型アクチュエータへの流入電流信号を個々に決められた値で乗算する1又は複数の乗算手段と、該乗算手段の出力信号をそれぞれ対応するコンパレータで所定電圧と比較し、該各コンパレータの出力信号のパルス幅をパルス幅検出手段によって検出し、1又は複数のパルス幅情報から上記振動振幅又は流入電流を求めてことで、簡単なデジタル回路で安価に振動振幅や流入電流を求めることが出来る。

【0142】

請求項5に係る発明によれば、振動型アクチュエータに印加される交流電圧信号をコンパレータで1又は複数の所定電圧と比較し、該各コンパレータの出力信号のパルス幅をパルス幅検出手段によって検出し、1又は複数のパルス幅情報から上記印加電圧を求めてことで簡単なデジタル回路で安価に印加電圧を求める

ことが出来る。

【0143】

請求項6に係る発明によれば、振動型アクチュエータに印加される交流電圧信号を個々に決められた値で乗算する1又は複数の乗算手段と該乗算手段の出力信号をそれぞれ対応するコンパレータで所定電圧と比較し、該各コンパレータの出力信号のパルス幅をパルス幅検出手段によって検出し、1又は複数のパルス幅情報から上記印加電圧を求ることで簡単なデジタル回路で安価に印加電圧を求めることが出来る。

【0144】

請求項7に係る発明によれば、コンパレータ等の比較手段の比較電圧を0でない所定の値とすることで振動検出信号、流入電流、印加電圧にオフセットを与えることなくこれらの振幅変化によってコンパレータの出力波形のパルス幅が変化するようにしたことで回路構成を簡単に出来る。

【0145】

請求項8、9に係る発明によれば、1又は複数のパルス幅検出手段の出力から振動振幅又は流入電流の平均値、実効値又は波高値を求ることで、簡単な回路で安価に実効値や平均値や波高値を求める事が出来る。

【0146】

請求項10に係る発明によれば、1又は複数のパルス幅検出手段の出力から印加電圧の平均値、実効値又は波高値を求ることで、簡単な回路で安価に実効値や平均値や波高値を求める事が出来る。

【0147】

請求項11に係る発明によれば、上記一つ以上のパルス幅検出手段の出力から選択される一つ又は複数のパルス幅の和によって振動子の振動波形又は流入電流波形又は印加電圧の平均値を求める事で、簡単なデジタル回路で安価に平均値を求める事が出来る。

【0148】

請求項12に係る発明によれば、振動体の振動波形又は流入電流又は印加電圧の平均値を上記一つ以上のパルス幅検出手段の出力から選択される一つ又は複数

のパルス幅の差に応じて計算することで、簡単なディジタル回路で安価に平均値を求める事が出来る。

【0149】

請求項13に係る発明によれば、平均値に補正項を加算することで簡単なディジタル回路で安価に求める平均値の精度を高くする事が出来る。

【0150】

請求項14に係る発明によれば、振動体の振動波形又は流入電流又は印加電圧の波高値は上記一つ以上のパルス幅検出手段の出力の内0でない一番小さなパルス幅を出力したパルス幅検出手段に対応する値としたことで、ディジタル回路で安価に波高値を求める事が出来る。

【0151】

請求項15に係る発明によれば、振動体の振動波形又は流入電流又は印加電圧の波高値は上記一つ以上のパルス幅検出手段の出力の内0でない二つのパルス幅の差と該パルス幅を出力した二つのパルス幅検出手段に対応する値としたことで、ディジタル回路で安価に平均値を求める事が出来る。

【0152】

請求項16に係る発明によれば、両方のパルス幅が所定の値以上になるまでは、位相差を検出しないか所定の値を出力するようにしたことで、上記パルス幅検出手段を用いて印加電圧と振動信号又は流入電流間の位相差を正確に検出出来る。

【0153】

請求項17に係る発明によれば、位相差検出手段の出力は上記第1の出力信号と第2の出力信号の時間的ずれ量を検出すると共に、該時間的ずれ量と上記振動型アクチュエータに印加する交流電圧の周期に比例する値との差を出力することで、簡単なディジタル回路で安価に位相差を高精度に検出できる。

【0154】

請求項18に係る発明によれば、1又は複数のパルス幅又はパルス幅から求められた流入電流又は振動振幅に応じた値に基づいて上記1又は複数の周波信号の周波数、電圧、位相差を実質的に決定する駆動電圧発生手段を設けたことで、簡

単なディジタル回路で安価に振動振幅や流入電流の大きさを所望の値に制御出来る。

【0155】

請求項19、20に係る発明によれば、1又は複数のパルス幅又はパルス幅から求められた流入電流又は振動振幅に応じた値が補償回路又は変換手段の出力と近づくように、上記変換手段の出力に応じた上記1又は複数の周波信号の周波数、電圧、位相差を実質的に決定することで、簡単なディジタル回路で位置制御や速度制御等の制御のマイナーループ制御を構成できる。

【0156】

請求項21に係る発明によれば、1又は複数のパルス幅又はパルス幅から求められた印加電圧に応じた値が所望の値になるように上記周波信号の電圧又は周波数を実質的に決定することで、簡単なディジタル回路で印加電圧の振幅を所定の値に制御できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

第1の実施の形態を示すブロック図

【図2】

第2の実施の形態を示すブロック図

【図3】

第1の実施の形態の動作を説明するタイミングチャート

【図4】

第2の実施の形態の動作を説明するタイミングチャート

【図5】

平均値の求め方を説明する図

【図6】

平均値の求め方を説明する図

【図7】

平均値の求め方を説明する図

【図8】

第3の実施の形態を示すブロック図

【図9】

振動型アクチュエータの外観を示す構成図

【図10】

振動体の電極構造を示す図

【図11】

第4の実施の形態を示すブロック図

【図12】

S相PZTの出力信号の振幅とパルス信号のパルス幅との関係を示す図

【図13】

第1の実施の形態のCPUの動作を説明するフローチャート

【図14】

第2の実施の形態のCPUの動作を説明するフローチャート

【図15】

第3の実施の形態のCPUの動作を説明するフローチャート

【図16】

第3の実施の形態のCPUの動作を説明するフローチャート

【図17】

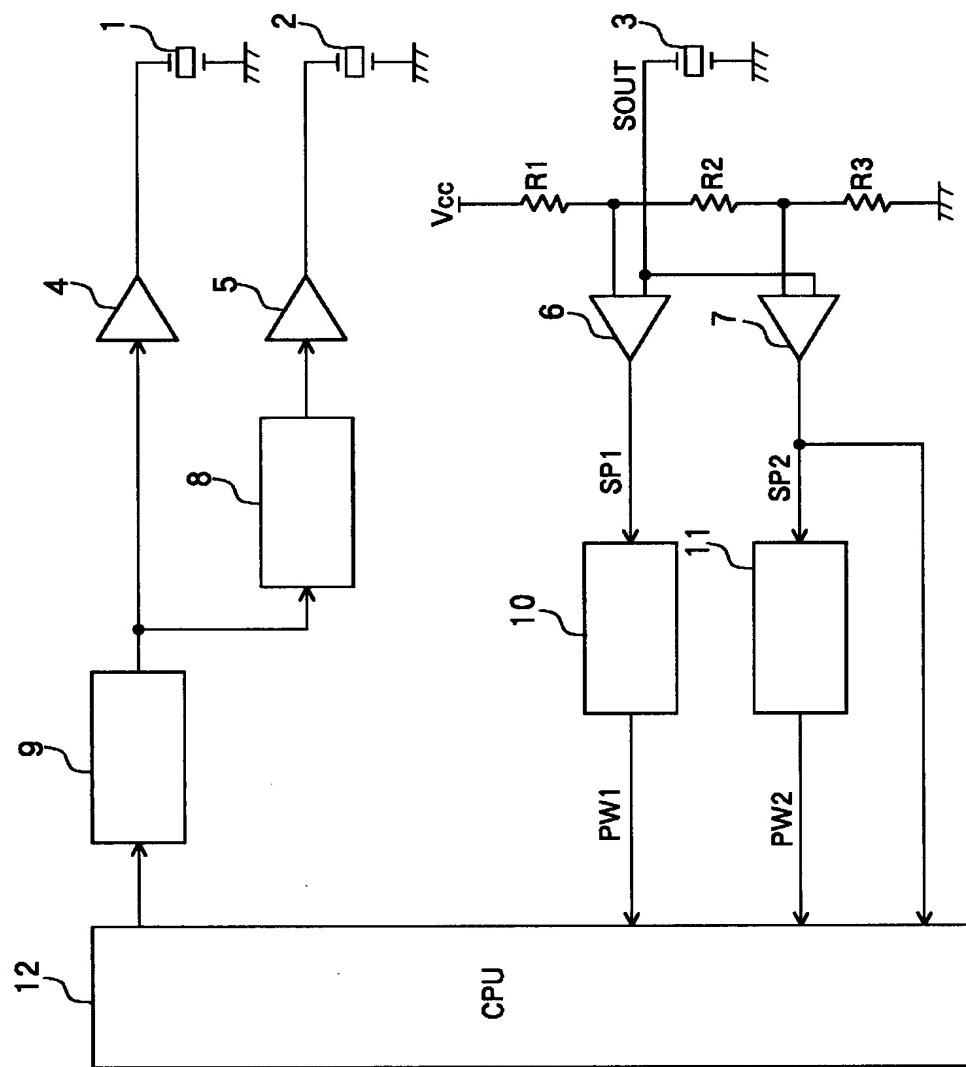
波高値の計算を説明する図

【符号の説明】

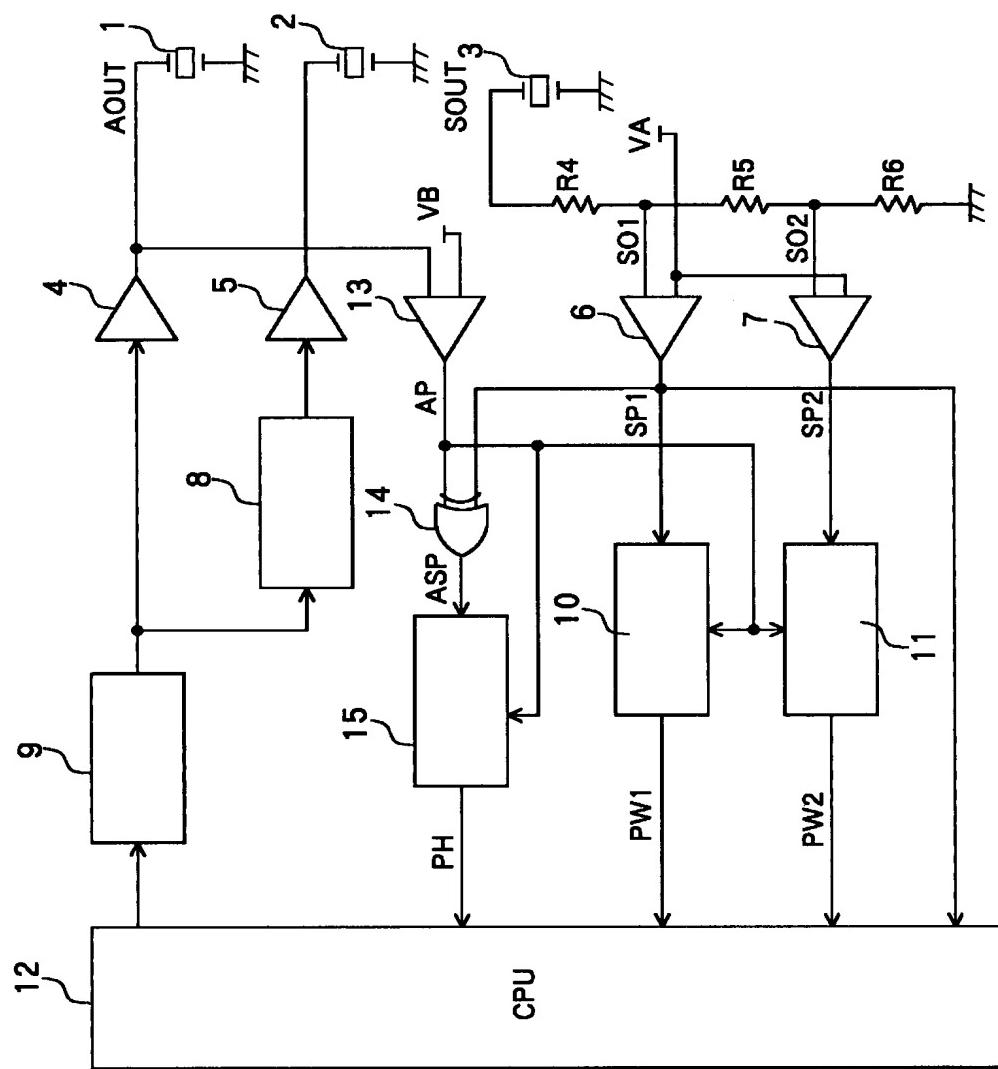
1、2、3、32…圧電素子、4、5、18…増幅手段、6、7、13…コンパレータ、8…移相手段、9…駆動電圧発生器、10、11、16…パルス幅検出手段、12…CPU、14…排他的論理和素子、15…位相差検出カウンタ、17…カレントトランス、19…ロータリーエンコーダ、20…周期カウンタ、21…ドライバ、22…パルス発生手段、23…プログラマブル分周器、24…周波数制限手段、25…比例要素、26…積分要素、27…位相比較手段、28、29…減算器、30…加算器、31…振動子、33…ロータ、34…回転軸

【書類名】 図面

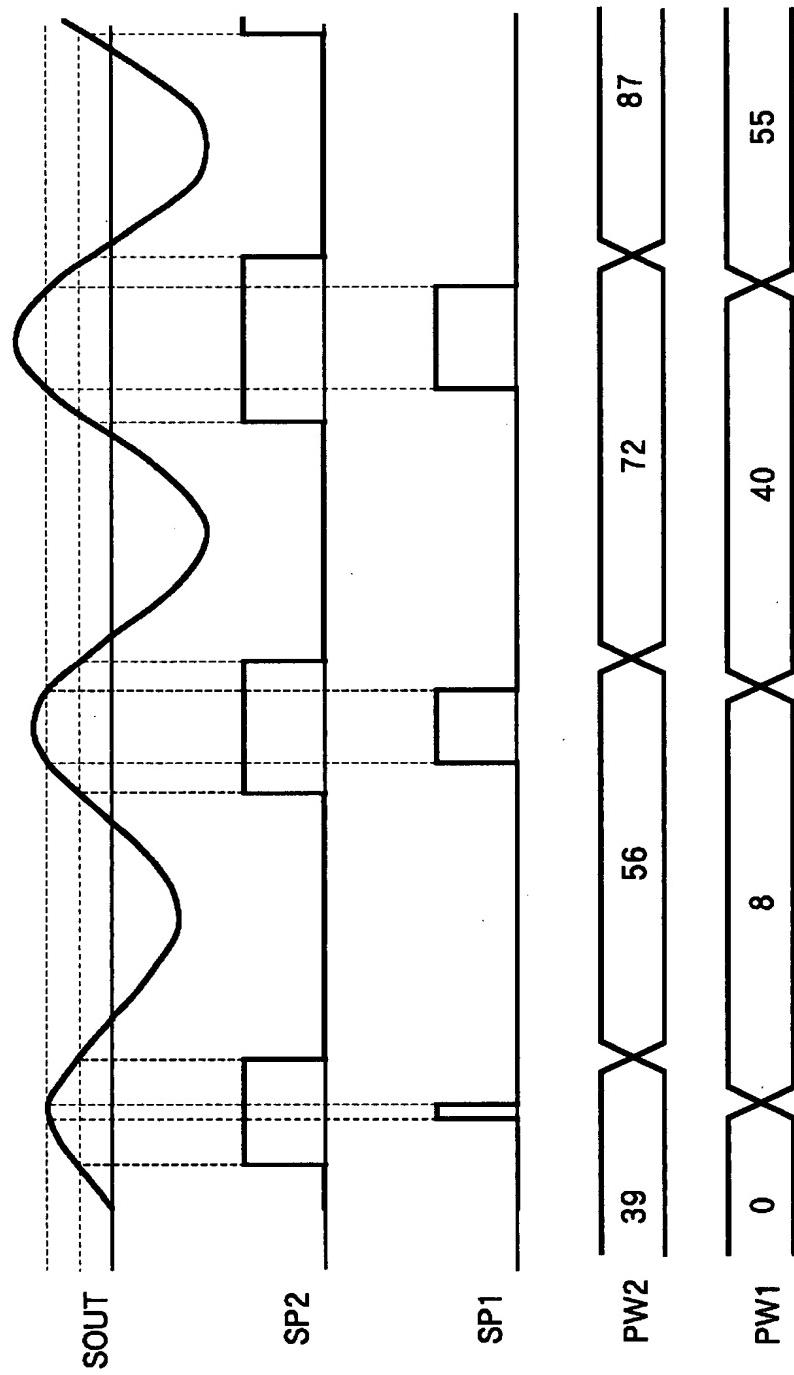
【図1】



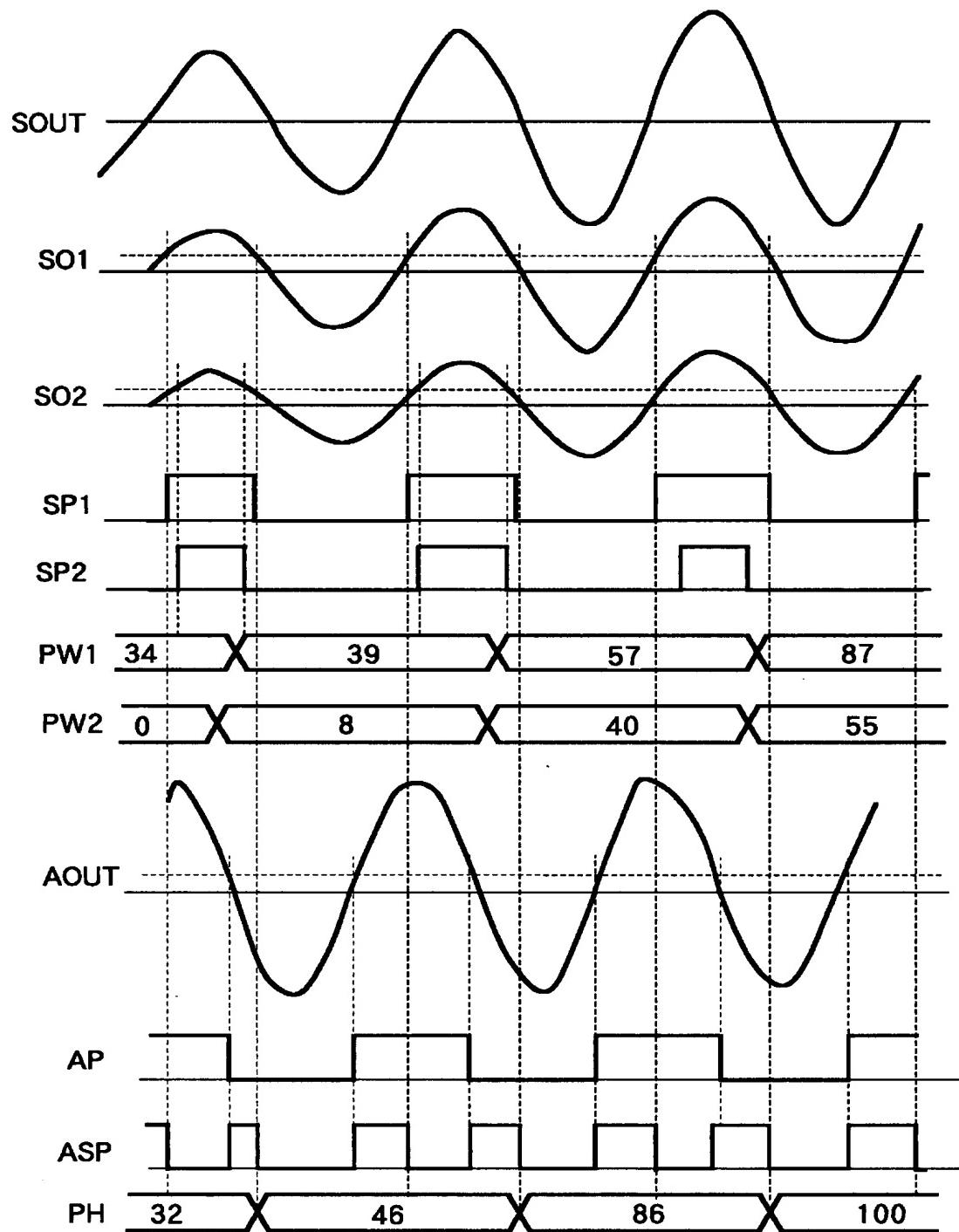
【図2】



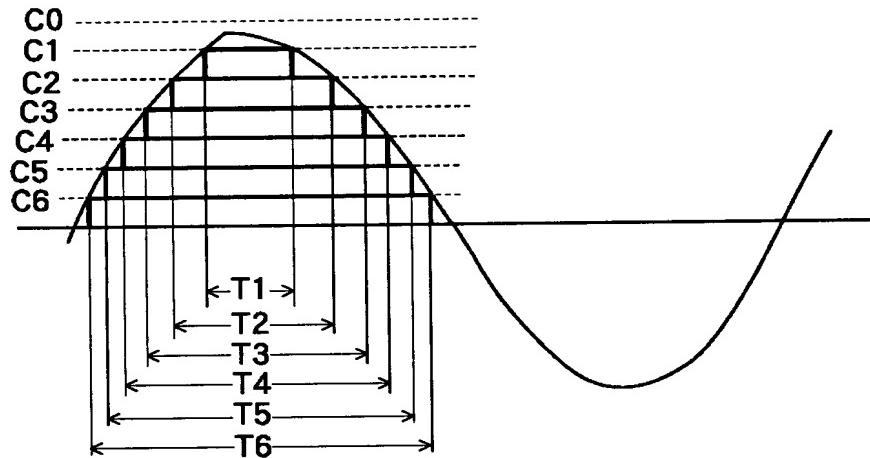
【図3】



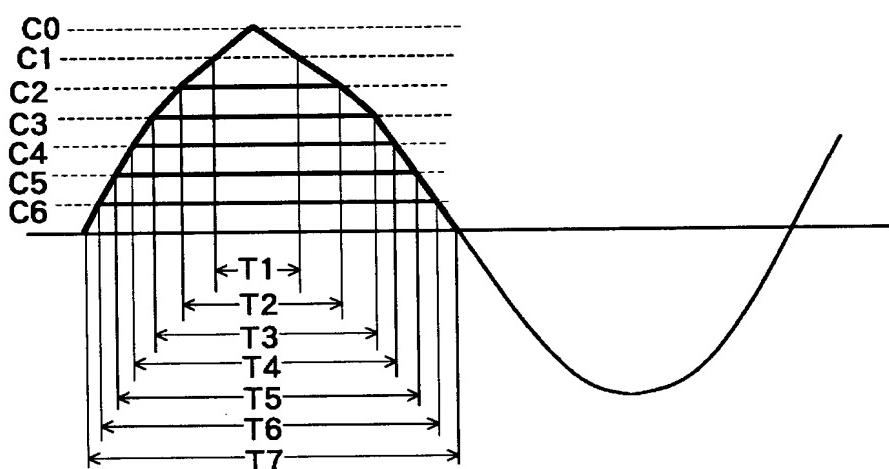
【図4】



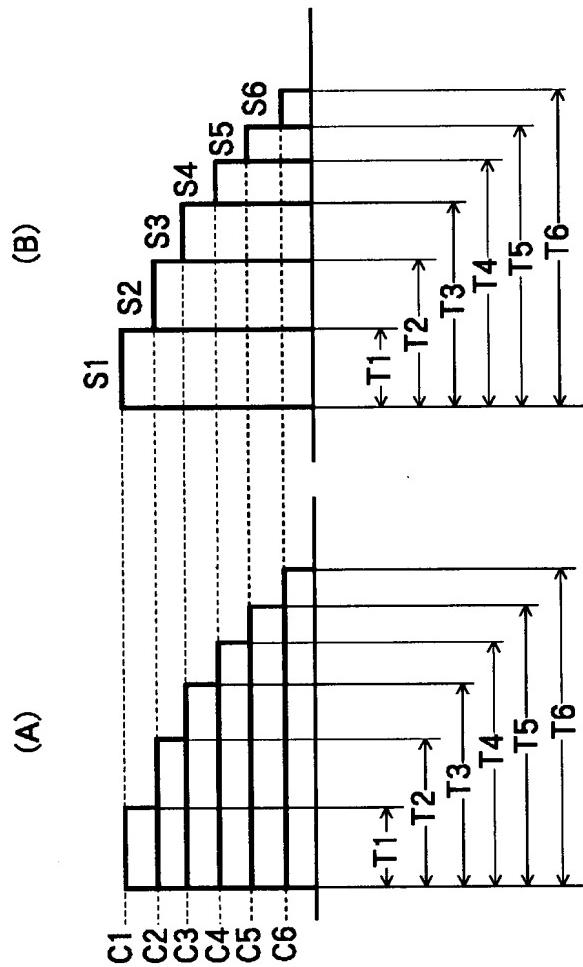
【図5】



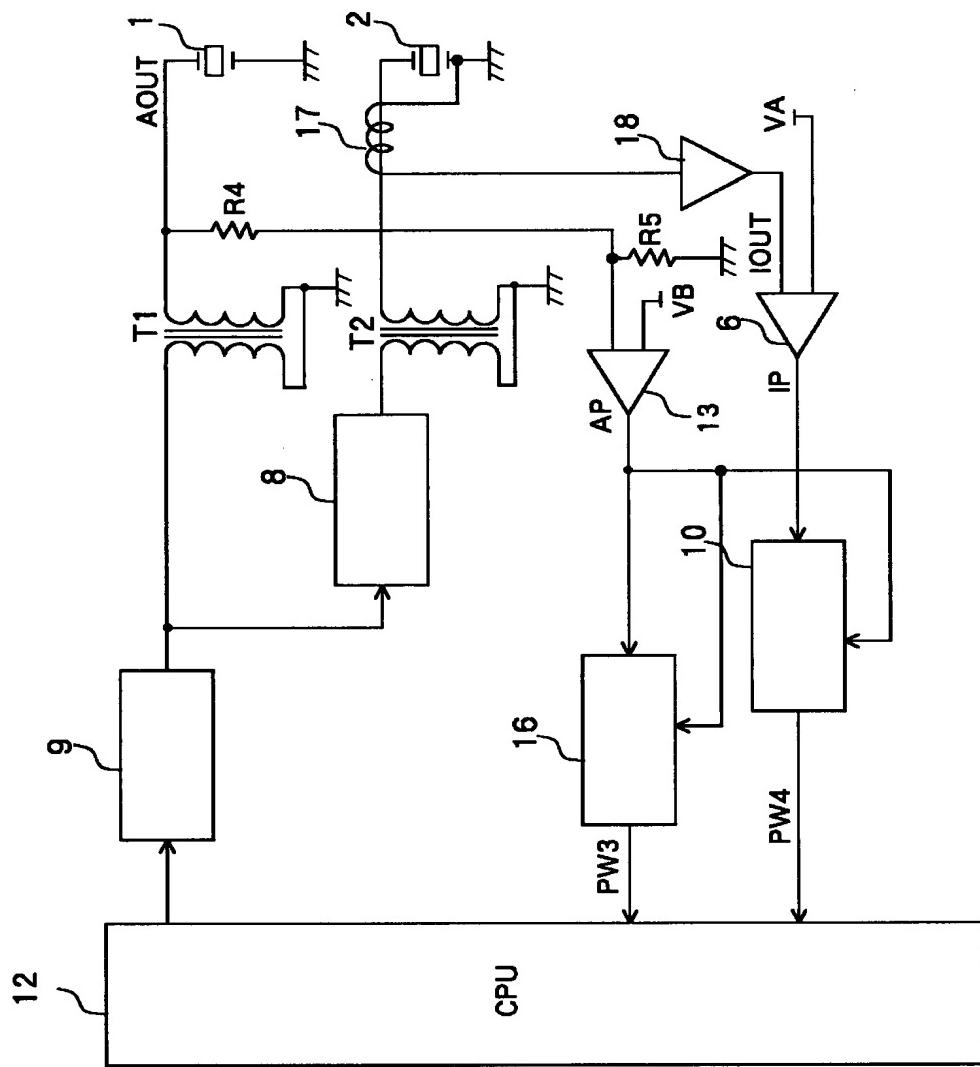
【図6】



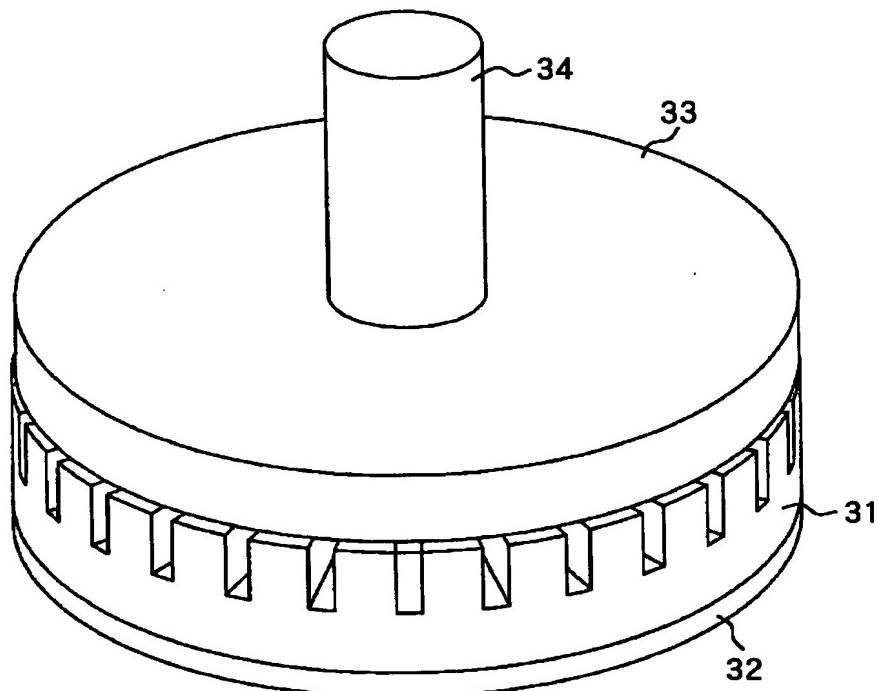
【図7】



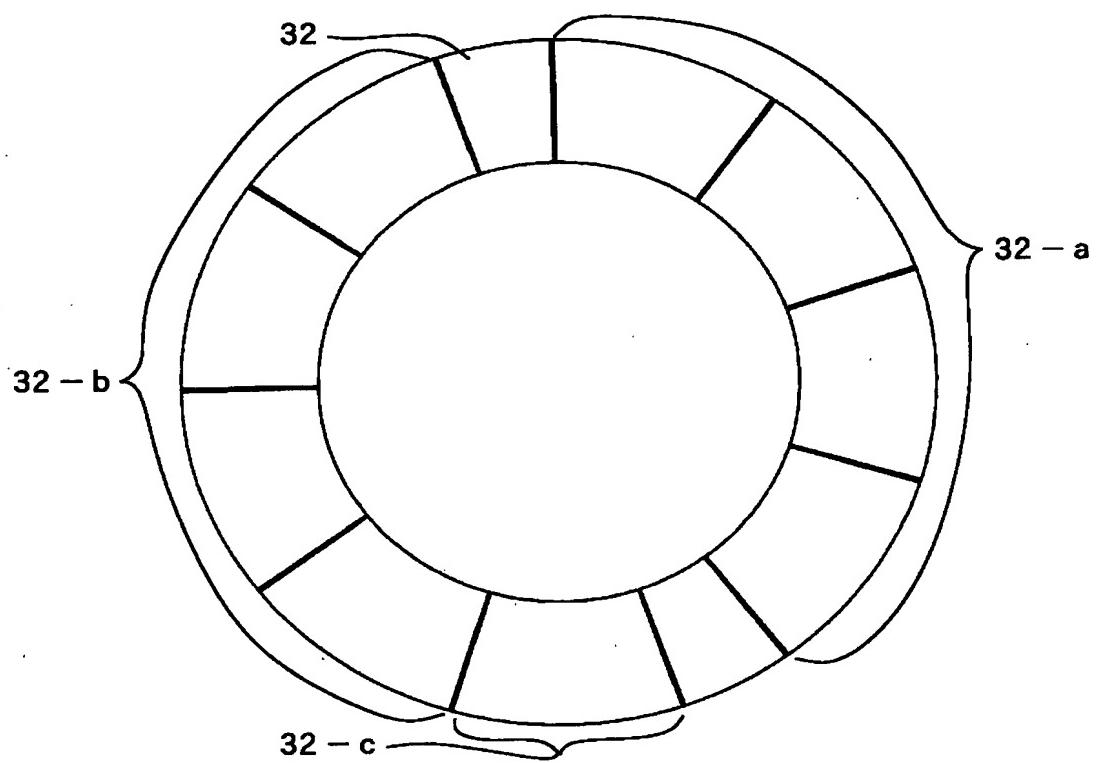
【図8】



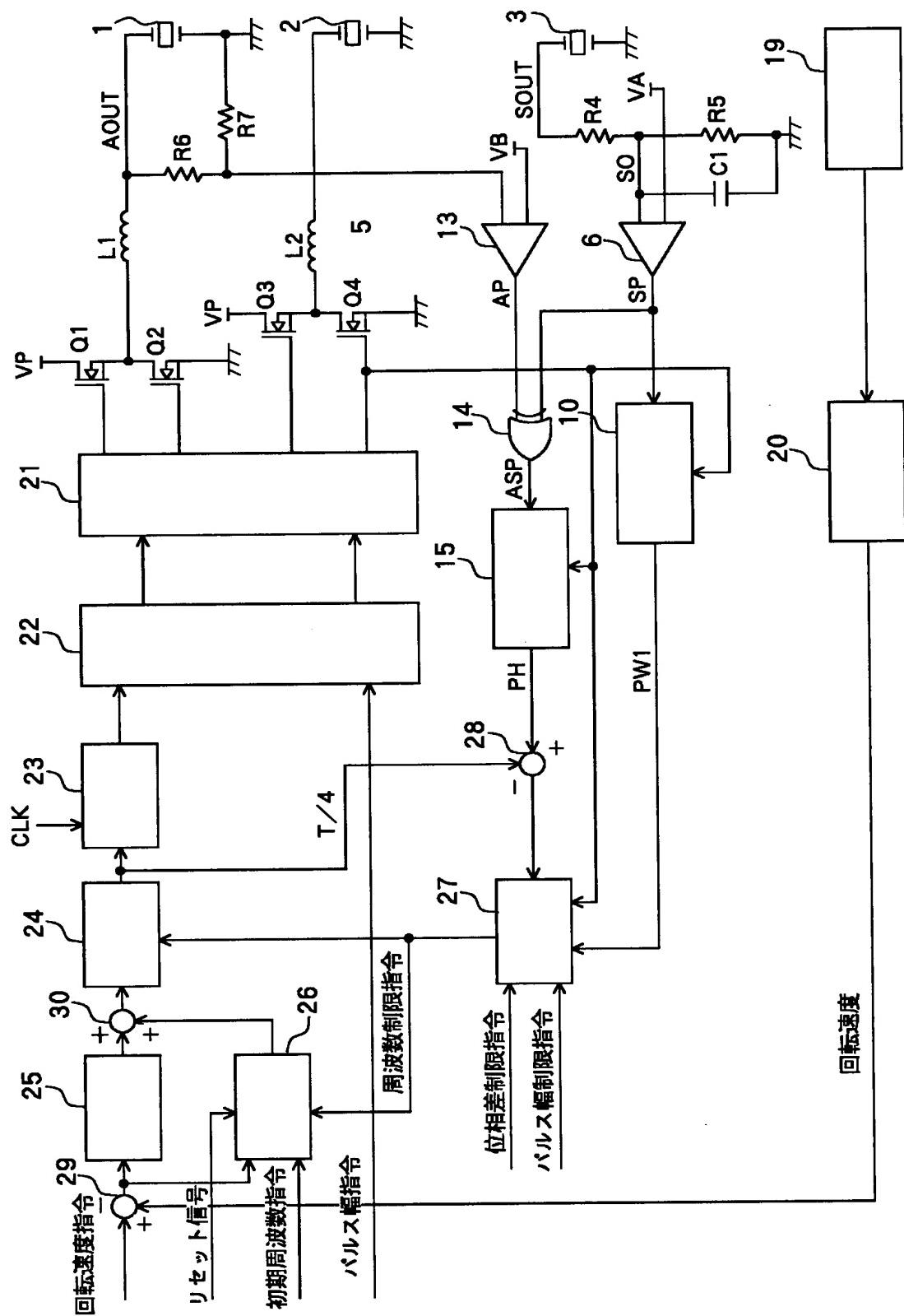
【図9】



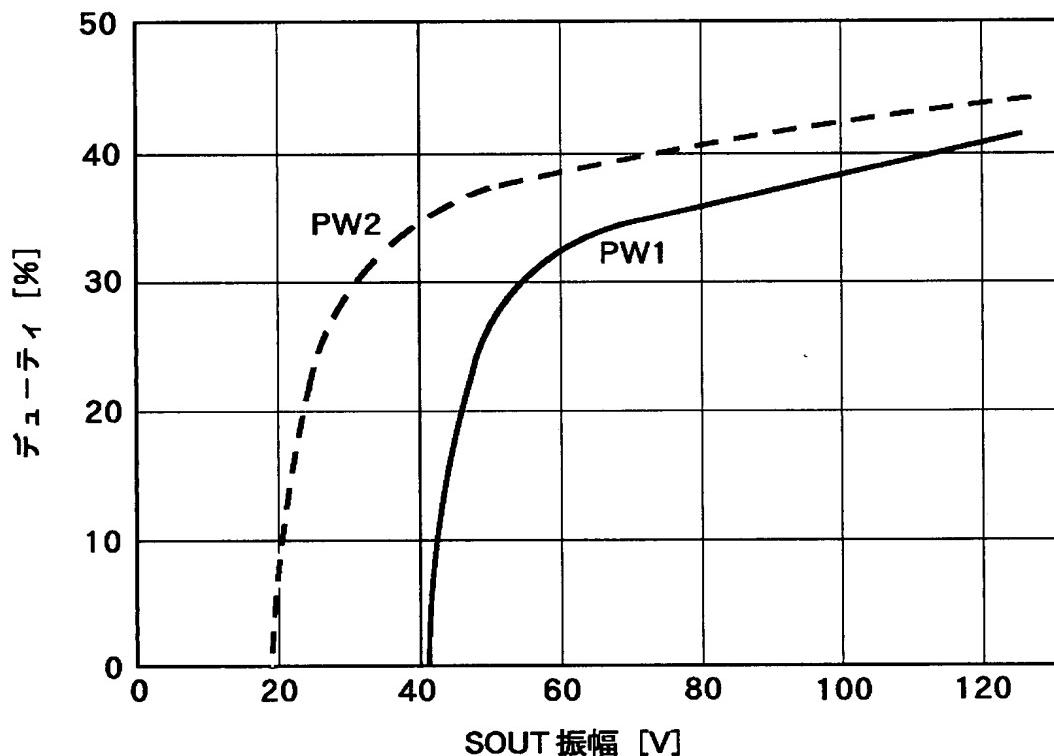
【図10】



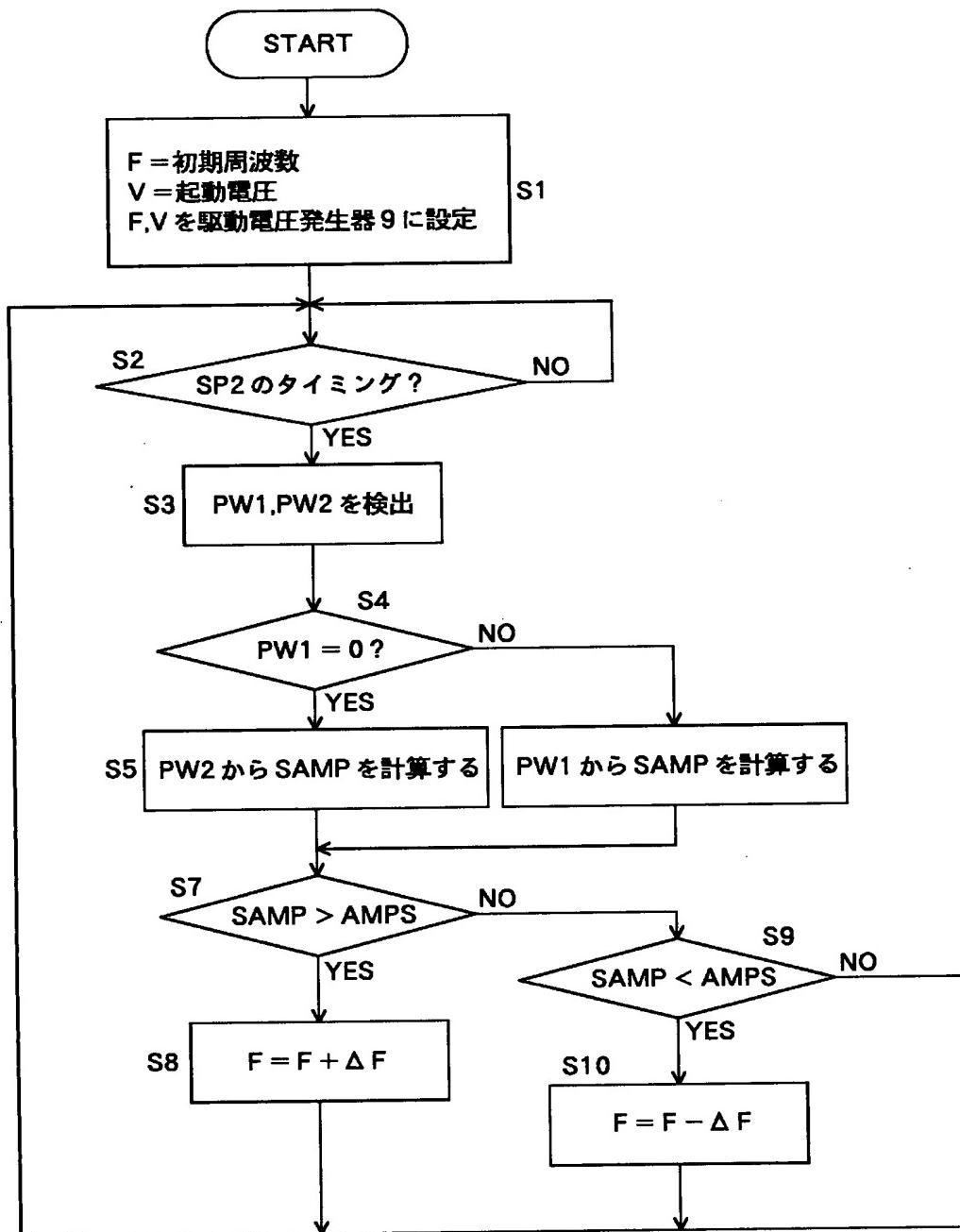
【図11】



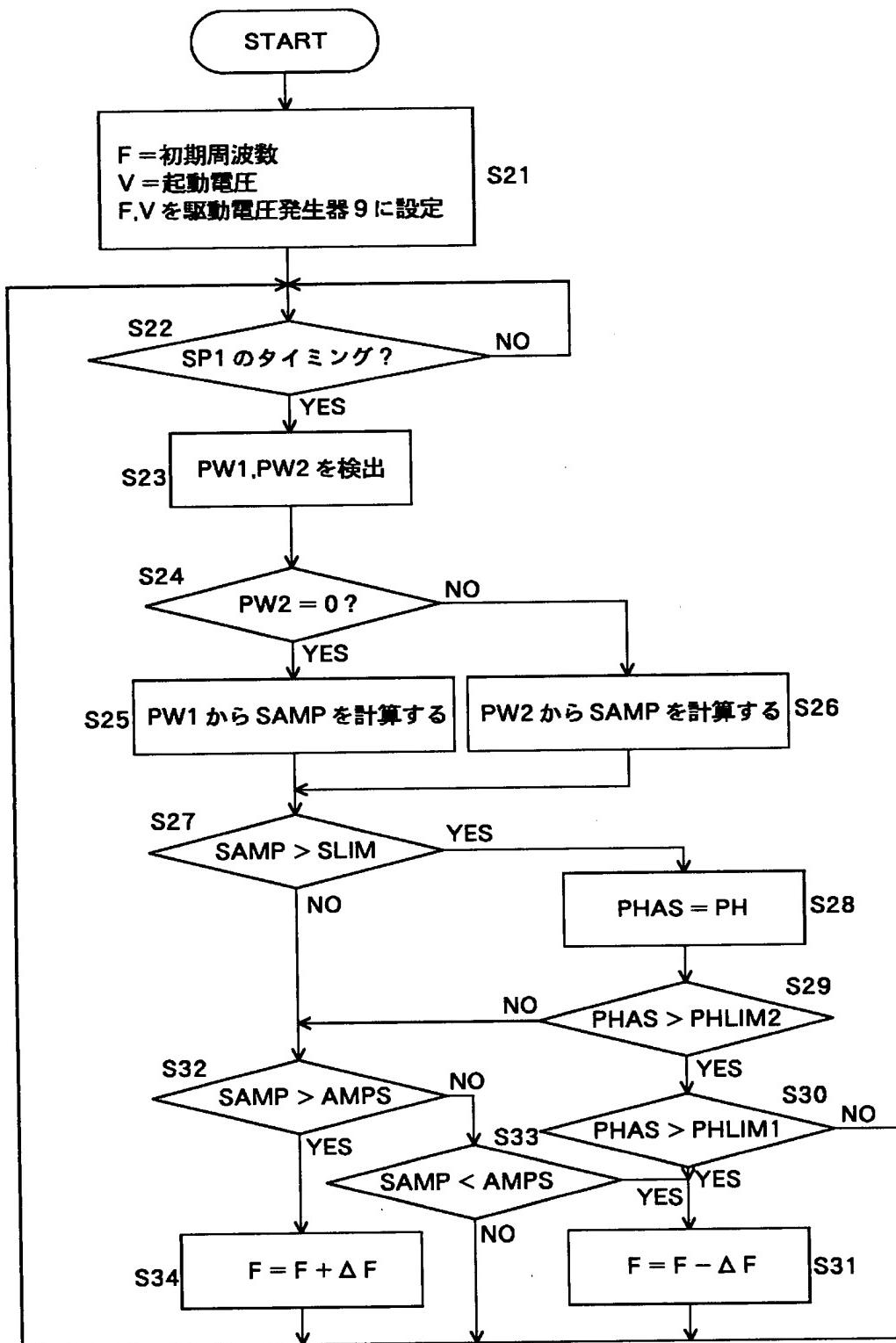
【図12】



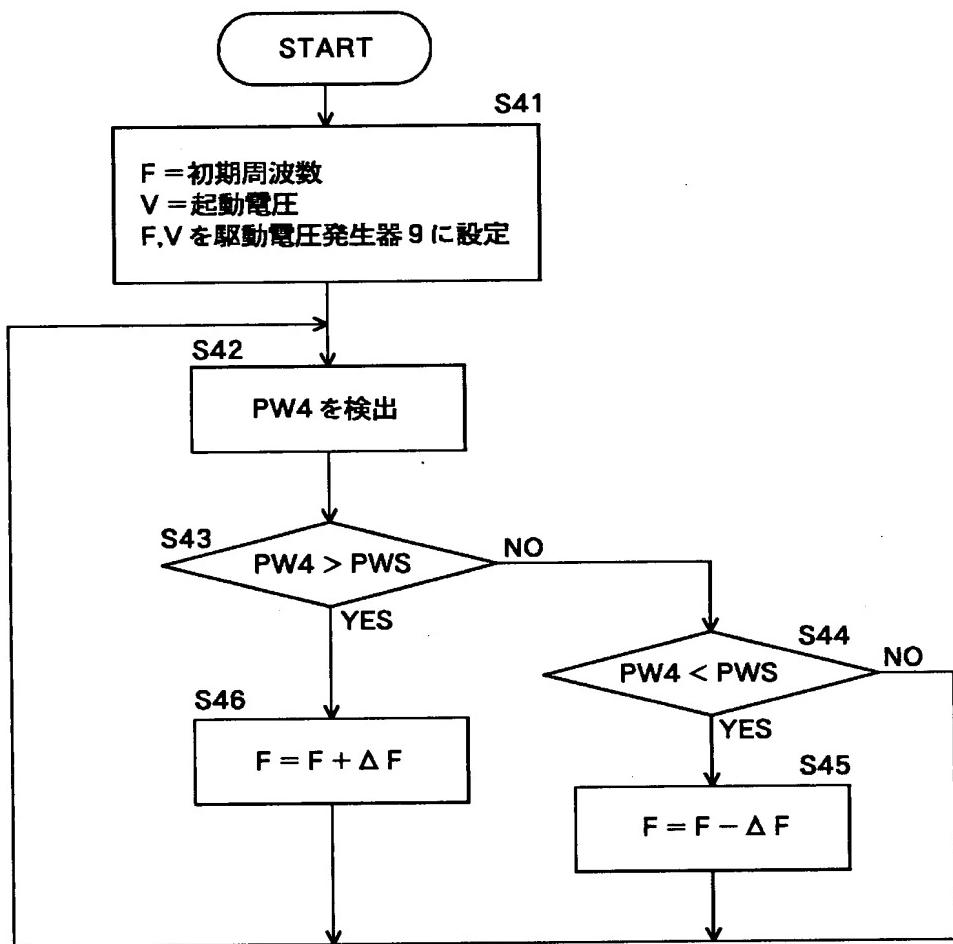
【図13】



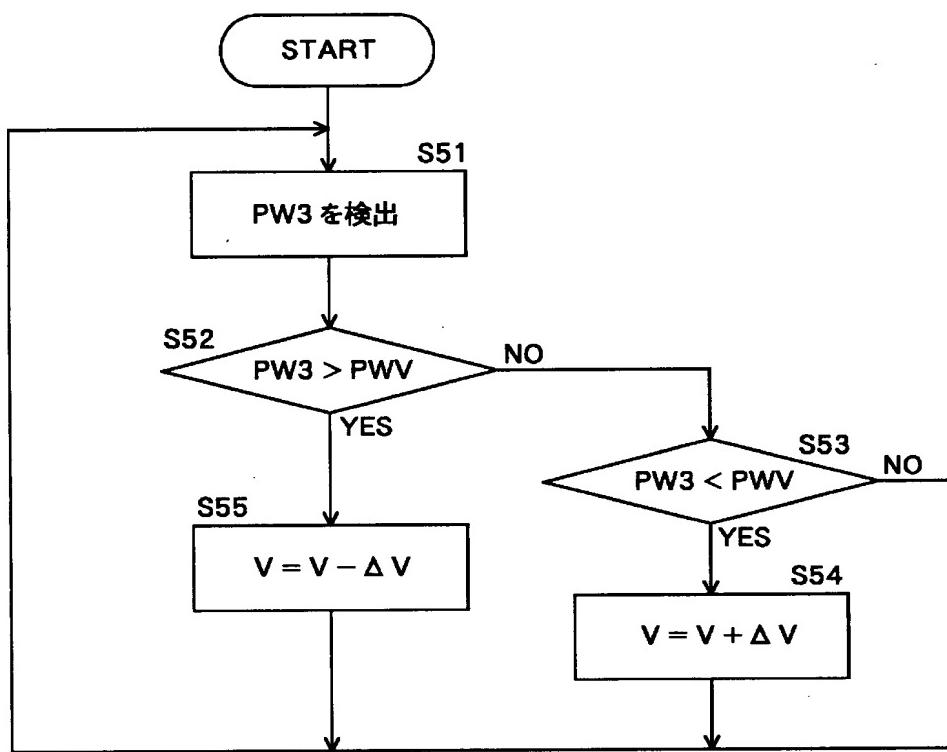
【図14】



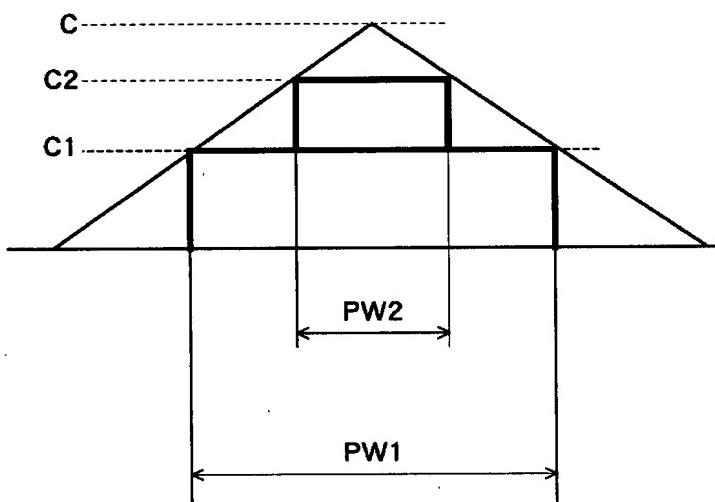
【図15】



【図16】



【図17】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 振動型アクチュエータの振動振幅を簡単に検出でき、安価に高精度の制御を行う振動がアクチュエータの制御装置を提供する。

【解決手段】 圧電素子のSPZT3の振動振幅である出力SOUTを閾値の異なるコンパレータ6、7で比較し、各コンパレータ6、7の出力パルスのパルス幅を夫々パルス幅検出手段10、11で検出し、変換テーブルを用いてこのパルス幅から検出した振動振幅を求めるようにした。

【選択図】 図1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2000-403223
受付番号	50001707713
書類名	特許願
担当官	吉野 幸代 4243
作成日	平成13年 1月 5日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】 000001007

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号

【氏名又は名称】 キヤノン株式会社

【代理人】

【識別番号】 100067541

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内2丁目6番2号 丸の内八重洲ビル424号 輝特許事務所

【氏名又は名称】 岸田 正行

【選任した代理人】

【識別番号】 100108361

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内2-6-2 丸の内八重洲ビル424号 載特許事務所

【氏名又は名称】 小花 弘路

【選任した代理人】

【識別番号】 100104628

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内2丁目6番2号 丸の内八重洲ビル424号 載特許事務所

【氏名又は名称】 水本 敦也

次頁無

出願人履歴情報

識別番号 [000001007]

1. 変更年月日 1990年 8月30日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都大田区下丸子3丁目30番2号

氏 名 キヤノン株式会社